SERIA PRACTICĂ

Seria PRACTICĂ

● Automatică
● Informatică
● Electronică
● Management

E. Samal: Tehnica reglării. Manual practic
S. Bajureanu, A. Bălăcescu, M. Epure, I. Burlacu: Elemente şi sisteme automate pneumatice
I. Flores: Practica programării calculatoarelor
F. G. Shinskey: Practica sistemelor de reglare automată
E. J. McCarty ş.a.: Sistemele integrate de prelucrare a datelor în conducerea activităţii economice
M. Dumitrescu, P. Isac, P. Turcu, M. Ene (coordonatori): Organizarea conducerii, producţiei şi muncii
C. Simbotin şi Cl. Tanasiciuc: Comutaţia statică în automatică
M. K. Starr: Conducerea producţiei. Sisteme şi sinteze
V. Crăciunoiu ş.a.: Eemente de execuţie
A. Vlădescu ş.a.: Radioreceptoare
M. Mayer: Tiristoare în practică. Mutatoare cu comutaţie forţată
G. Moltgen: Tiristoare în practică. Mutatoare cu comutaţie de la reţea
L. Zamfirescu şi I. Oprescu: Automatizarea cuptoarelor industriale
I. Papadache: Automatica aplicată, ediţia I-a şi a II-a
Şt. Alexandru: Automatizarea proceselor tehnologice în industria lemnului
Lisicikin V. A.: Prognoza tehnico-ştiinţifică în ramurile industriei
G. Raymond: Tehnica televiziunii în culori
J. J. Samueli, J. Pignaret, A. Sarazin: Instrumentaţia electronică în fizica nucleară
T. Homoş: Capacitatea de producţie în construcţia de maşini
S. Radu, D. Filoti: Centrale telefonice automate
R. Stere ş.a.: Tranzistoare cu efect de cîmp
D. N. Şapiro: Proiectarea radioreceptoarelor
V. Antonescu, M. Popovici: Ghid pentru controlul statisic al calităţii
V. Baltac ş.a.: Calculatorul FELIX C-256. Structură şi programare
G. Sonea, Sileţchi M.: Creşterea planificată a productivităţii muncii
R. L. Morris: Proiectarea cu circuite integrate TTL
A. Brilliantov: Calculul şi construcţia televizoarelor portabile
Kaoru Iskikawa: Controlul de calitate pentru maiştri şi şefi de echipe
Magnus Radke: 222 măsuri pentru reducerea costurilor
I. Stăncioiu: Eficienţa economică a asimilării de utilaje noi
G. Lajtha: Proiectarea reţelelor de telecomunicaţii
A. Vătăşescu, ş.a.: Dispozitive semiconductoare. Manual practic
Ch. Jones: Design. Metode şi aplicaţii
E. S. Buffa: Conducerea modernă a producţiei, vol. I şi II
D. W. Davies, D. L. Barber: Reţele de interconectarea calculatoarelor
Gh. Baştiurea ş.a.: Comanda numerică a maşinilor-unelte

Ciclul „MĂSURAREA PARAMETRILOR"

P. Vezeanu, Şt. Pătraşcu: Măsurarea temperaturii în tehnică
T. Penescu, V. Petrescu: Măsurarea presiunii în tehnică
P. Popescu, P. Mihordea: Măsurarea debitului în tehnică
P. Vezeanu: Măsurarea nivelului în tehnică
A. Nadolo: Măsurarea volumului şi cantităţii lichidelor în industrie

Ciclul „STUDIUL MUNCII"

C. Hidoş, P. Isac (coordonatori): Studiul muncii, I—VIII

Ciclul „PROIECTAREA SISTEMELOR INFORMATICE"

C. Hidoş Analiza şi proiectarea circuitelor informaţionale în unităţi economice
P. Constantinescu, V. Negoiţă: Sistemele informatice, modele ale conducerii şi sistemelor conduse
Gh. Pisău, Toma A., Mihdescu I.: Elaborarea şi implementarea sistemelor informatice
V. Pescaru ş.a. Fişiere, baze şi bănci de date

I. Ceauşu ş.a.: SDV. Conducerea activităţii de concepţie, fabricaţie, gestiune
D. Patriche Marketing industrial

C. J. Richards (editor)

Sisteme de afişare şi transmisie electronică a datelor

Realizare şi instalare

Editura tehnică
Bucureşti — 1979

Electronic Display and Data Systems
Constructional Practice

Editor: C. J. RICHARDS

Autori: **P. D. Goodenough** (cap. 1, cap. 2), **J. H. Rowe** (cap. 3), **C. J. Richards** (cap. 4, cap. 5), **R. P. Selby** (cap. 6, cap. 10), **C. A. Markwick** (cap. 7), **L. A. Dyer** (cap. 8), **W. J. Dimond** (cap. 9).

Copyright © 1973 McGraw-Hill Book Company (UK) Limited.
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced,
stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means,
electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise,
without the prior permission of McGraw-Hill Book Campany (UK) Limited

EDIȚIA ROMÂNĂ

Editată prin înțelegere între Editura tehnică și McGraw-Hill Book Company (United Kingdom) Limited, Maidenhead-Berkshire, England.

Prefața la ediția română și coordonarea traducerii: Dr. ing. **Baltac Vasile**

Traducere: Dr. ing. **Baltac Vasile**, ing. **Marian Aurel**, ing. **Maniu Dan**,
ing. **Bulgacov Riuric**, ing. **Mîrșanu Mihai**, ing. **Kovacs Aurora**,
Tabacu Mihaela, **Grămescu Maria**
Redactor ing. **Paul Zamfirescu**

Desene: **Gheorghe Dunăreanu**
Coperta, supracoperta: **Emil Abăluță**, **Doru Bigan**, **Simon Niculescu**
Tehnoredactor: **Valeriu Morărescu**

Bun de tipar: 24.12.1978. Coli de tipar: 33. Tiraj: 6 570+50 exemplare legate. C.Z. 681.142.6.

Tiparul executat sub comanda nr. 327,
la Întreprinderea Poligrafică „Crișana",
Oradea, str. Moscovei, nr. 5.
Republica Socialistă România

Prefață la ediția română

O carte care să trateze aspecte constructive ale echipamentelor electronice moderne de prelucrare a datelor și telecomunicații era foarte necesară în literatura de specialitate în limba română.

În ultimii 10 ani electronica, și mai ales tehnica de calcul s-au dezvoltat într-un ritm susținut, România numărîndu-se în prezent printre țările cu o industrie electronică, de tehnică de calcul și de automatizări puternică. Zeci de mii de oameni lucrează azi nemijlocit în producția, exploatarea sau întreținerea unor sisteme electronice complexe, printre care calculatoare electronice, aparatură electronică profesională, echipamente de radiocomunicații și televiziune, testoare electronice etc. În cadrul Ministerului Industriei Construcțiilor de Mașini există două centrale industriale de profil: Centrala industrială de electronică și tehnică de calcul și Centrala industrială de echipamente de telecomunicații și automatizări. Ambele centrale concentrează cercetarea, producția și întreținerea acestor echipamente de o hotărîtoare importanță pentru dezvoltarea pe mai departe a economiei naționale.

Dacă ne referim ca exemplu, numai la tehnica de calcul, producția de calculatoare electronice în țara noastră s-a dezvoltat începînd cu anul 1968 pe baza unui program de perspectivă adoptat de conducerea de partid și de stat. Ritmul de dezvoltare al industriei de tehnică de calcul a fost în concordanță cu cerințele sporite de dotare a economiei naționale cu calculatoare electronice și alte mijloace de prelucrare automată a datelor. Volumul acestei producții depășește în prezent de peste 10 ori pe cel din 1972, iar producția din 1980 va fi de 4 ori mai mare decît cea din 1975. Dezvoltarea acestei industrii s-a făcut printr-o integrare atît pe orizontală, economia națională beneficiind de o gamă largă de calculatoare electronice, minicalculatoare, microcalculatoare, mașini electronice de facturat și contabilizat, sisteme de introducere și colectare a datelor, cît și pe verticală, fiind asimilate în țară subansamble și componentele necesare acestei producții de înalt nivel tehnic (componente electronice active și pasive profesionale, cablaje imprimate multistrat, memorii electronice, echipamente periferice și terminale ș.a.). În completarea producției de echipamente s-a dezvoltat în țară activitatea de elaborare de *programe de bază și aplicative și s-au organizat rețelele de instalare, întreținere și depanare a echipamentelor și programelor produse în țară.*

De altfel, ritmul dezvoltării tehnicii de calcul și în general al electronicii este foarte înalt și în toate țările dezvoltate industrial. Producția mondială de calculatoare electronice va depăși în anul 1980 valoarea de 42 miliarde dolari, ceea ce reprezintă o creștere de 14 ori în comparație cu anul 1960 și de 3,5 ori în comparație cu anul 1975. Dotarea cu tehnică de calcul are de acum o influență considerabilă asupra dezvoltării economice a țărilor industrializate, urmînd a reprezenta de exemplu, în Statele Unite ale Americii în 1980 peste 5,5% din produsul național brut.

Aspectele constructive ale echipamentelor electronice sînt puternic influențate de evoluția tehnică și economică a produselor respective. Nivelul tehnic mondial al produselor a crescut în ritmuri care depășesc evoluția oricărei ramuri a tehnicii contemporane. Se produc în prezent circuite electronice larg integrate care pe o pastilă de siliciu („chip“) realizează funcțiuni care echivalează cu mai mult de 100 000 tuburi electronice sau tranzistoare, fiind posibilă în consecință concentrarea extraordinară a puterii de prelucrare a datelor. Structura producției mondiale de tehnică de calcul se reorientează în prezent datorită apariției microprocesorului, circuit integrat care realizează funcții complexe de prelucrare a datelor pe o singură pastilă de siliciu. Se produce, astfel, o puternică descentralizare a informaticii, care pătrunde direct pînă în locurile unde este necesară prelucrarea, transmiterea sau înmagazinarea informației. Aceasta va însemna, în primul rînd, o multiplicare fără precedent a numărului minicalculatoarelor și microcalculatoarelor electronice, care vor fi înglobate direct în produse de mașini sau vor presta servicii sub forma unor „utilități informatice“, la fel cum în sferele respective sînt necesare și alte utilități sau resurse.

Elementul esențial al acestei reorientări, denumită frecvent revoluția microprocesoarelor, este scăderea puternică a costului specific al calculatoarelor electronice, atît în valoare absolută cît mai ales sub raportul preț/performanță. A scăzut mult costul operațiilor executate de calculatoare. După date furnizate de firma I.B.M., timpul de execuție a unui set de programe tip care execută operații complexe de gestiune a unei întreprinderi a scăzut într-un interval de 20 ani de la 375 secunde la mai puțin de 5 secunde. Costul specific al unei operații este în prezent de circa 80 ori mai mic. Se poate aprecia că în ansamblu, pe plan mondial, în ultimii 20 de ani costul circuitelor electronice ce compun echipamen-

tele de calcul a scăzut în medie de 100 de ori, scăderea fiind chiar mult mai mare (170—200 ori) în domeniul calculatoarelor de birou și de buzunar. Este posibil astfel să înglobăm mai multă inteligență în majoritatea produselor industriale care se proiectează în prezent.

Desigur, toate cele de mai sus au o foarte strînsă legătură cu aspectele constructive ale realizării echipamentelor electronice complexe. Dacă pînă în prezent circuitele electronice (componentele active și pasive) reprezentau peste 70⁰/₀ din costul unei unități centrale de calculator electronic, se prevede pentru viitorii ani o descreștere a acestei ponderi sub 30⁰/₀. Va crește în schimb ponderea elementelor constructive de fixare și de conexiuni (cablaje imprimate, fire de legături, conectori, sertare, dulapuri) precum și a surselor de alimentare și instalațiilor de ventilare și răcire. Concentrarea mare a circuitelor electronice, necesită evacuarea de mari cantități de căldură pentru asigurarea bunei funcționări a echipamentului, chiar dacă în prezent componentele electronice funcționează în game de temperaturi mult mai largi decît în trecutul apropiat.

Larga răspîndire a echipamentelor electronice de prelucrare a informației, migrarea lor spre locurile unde se generează date, înseamnă pe de altă parte că este necesar ca echipamentele electronice respective să funcționeze în condiții de mediu diferite și uneori foarte dificile. Este desigur una să proiectezi un calculator care să lucreze într-un centru de calcul cu cameră de lucru climatizată la parametri dați, cu alimentare prin grup motor-generator, stabilă la influențele rețelei de alimentare cu energie electrică, și alta să proiectezi un minicalculator ce va funcționa lîngă un laminor în condiții de mari variații de temperatură, de tensiune de alimentare, ale frecvenței rețelei și cu surse puternice de paraziți industriali în apropiere. Apropierea tehnicii electronice de calcul de locurile unde se generează primar informația și unde este nevoie ca ea să fie prelucrată înseamnă fără îndoială și rezolvarea acestor probleme de asigurare a funcționării corecte a calculatoarelor electronice în condiții de mediu dificile.

*

Avînd în vedere toate acestea cititorii vor găsi fără îndoială foarte utilă cartea prezentă, elaborată de un grup de reputați specialiști ai firmei Plessey din Anglia, avînd ca editor pe C. J. Richards. Elaborată pe baza unei practici industriale îndelungate, cartea abordează subiecte cu care sînt confruntați în activitatea de zi cu zi proiectanții de sisteme electronice, inginerii, tehnicienii, muncitorii care lucrează în producția și în-

treținerea echipamentelor electronice de calcul și telecomunicații, alți specialiști din cercetare, producție și învățămînt. Unitățile de afișare cu tub catodic prezentate pe larg în lucrare își măresc pe zi ce trece aria de utilizare atît în domeniul tehnicii de calcul, în terminale ce fac legătura om-calculator, cît și în sisteme radar, instrumente electronice, etc. Deși o mare importanță este acordată de autori acestor echipamente, ale căror principii de funcționare și elemente de proiectare și funcționare sînt prezentate pe larg în primele 5 capitole, cartea are un puternic caracter de generalitate, majoritatea celor expuse pe parcursul celor 11 capitole avînd o sferă largă de aplicabilitate la diverse tipuri de echipamente electronice.

In capitolul 5, de exemplu, deși sînt tratate elemente de proiectare mecanică asociate unităților de afișare cu tuburi catodice, cititorul interesat în alte domenii va găsi ca foarte utile informațiile despre construcția claviaturilor, contactelor „reed", a celor cu mercur, cu efect Hall, cu miez de ferită sau capacitive, larg folosite în tehnica electronică.

Capitolul 6 prezintă pe larg tehnici de realizare a conexiunilor în echipamente electronice, fiind prezentate tehnicile moderne folosite în industria noastră electronică (cablaje imprimate, conectori pe circuit imprimat, cablaje cu fir înfășurat, etc.) atît sub aspect funcțional cît și ca tehnologie de fabricație. Sînt prezentate, de asemenea, și alte tehnologii care își vor găsi, fără îndoială, aplicații în viitor și la noi, printre care conexiunile termopunct, cablajele imprimate flexibile, etc. Noțiunile teoretice și practice expuse vor fi de un real folos în activitatea practică nu numai a celor ce proiectează sau produc echipamente electronice, ci și a celor ce le exploatează sau întrețin și sînt confruntați adesea cu dificultăți provocate de imperfecțiunile din rețeaua de interconexiuni.

Capitolele 7 și 8 prezintă procesele de fabricație ale cablajelor imprimate și circuitelor integrate. Înțelegerea acestor procese este necesară specialistului electronist chiar dacă nu lucrează în secții de producție de profil, pentru a putea proiecta sau exploata echipamente electronice în condițiuni de siguranță în funcționare sporită. Deși atît cablajele imprimate, cît și circuitele integrate evoluează în strînsă legătură spre densități volumetrice foarte mari, tehnicile și procesele prezentate în aceste capitole sînt esențiale și își păstrează valabilitatea.

Așa cum pe bună dreptate subliniază chiar autorii, proiectantul unui sistem electronic complex trebuie să rezolve adesea în mai mult de 40% din situații, probleme de natură neelectronică, legate de construcția mecanică a sertarelor, dulapurilor, cabinelor, de instalațiile de ventilare și *răcire. Cititorul va găsi ca foarte utilă lectura capitolelor 9 și 10 care tratează aceste probleme la un nivel teoretic ridicat, și totodată cu o constantă tentă practică. Autorii prezintă și considerații de proiectare pentru echipamentele care funcționează în condiții de mediu foarte grele ca de exemplu pentru sistemele mobile din aviație și marină. Considerațiile respective pot fi aplicate și pentru instalații industriale cu condiții de mediu dificile.*

Capitolul 11 tratează aspecte ale suprimării interferenței de radiofrecvență, necesare atît proiectantului de sisteme electronice, cît mai ales celor ce le instalează, exploatează sau întrețin. În condițiile aplicațiilor industriale, aceste aspecte au un rol hotărîtor pentru asigurarea unei fiabilități corespunzătoare a sistemului electronic.

Colectivul care a tradus în limba română această carte și-a asumat o sarcină dificilă. Mulți dintre termenii folosiți în lucrarea originală sînt noi chiar și în limba engleză și datorită prezenței doar recente în țară a unor linii tehnologice cu profil electronic, unii termeni nu au încă echivalenți consacrați în limba română. S-a încercat ca folosirea în aceste cazuri a unor termeni preluați direct din limba engleză să fie redusă la minimum posibil și să se adopte terminologia românească cea mai corectă și mai larg utilizată. Pentru facilitarea recunoașterii termenilor echivalenți în cele două limbi s-a prezentat la sfîrșit dicționarul de noțiuni în limbile română și engleză. Orice observație pentru îmbunătățirea traducerii va fi binevenită.

Inițiativa Editurii tehnice, redacția de automatică, electronică, management și calculatoare, de a se traduce prezenta lucrare este foarte valoroasă. Ediția originală a fost recomandată redactorului român, cu ocazia unei vizite la Maidenhead în 1974, ea fiind cea mai apreciată lucrare practică a firmei Mc. Graw-Hill din Marea Britanie. Prin editarea în limba română se completează literatura noastră de specialitate cu o carte necesară specialiștilor (ingineri, tehnicieni, muncitori, operatori) din producția, cercetarea, exploatarea și întreținerea de echipamente electronice.

Cartea este foarte utilă și pentru studenții și cadrele didactice din învățămîntul superior electronic și de automatizări.

Dr. ing. Vasile BALTAC,
Director științific
Institutul de cercetări pentru tehnica de calcul

București, decembrie 1978

Prefață la ediția engleză

Această carte își propune să trateze aspecte practice constructive ale dispozitivelor de afișare electronice și sistemelor de prelucrare a datelor. Astfel, ea se adresează inginerilor electroniști, inginerilor mecanici și instalatori angajați în proiectarea și dezvoltarea sistemelor electronice complexe cu radare și rețele de comunicații.

Cartea poate fi de folos în același timp, inginerilor care lucrează direct în producție și care trebuie să fie la curent cu anumite aspecte tehnologice ce decurg din proiectare și din decizii legate de dezvoltare.

Sperăm, în special, că vor fi clarificate pe această cale anumite probleme de interfață care apar la limita dintre concepție și producție, prin discutarea rațiunilor care i-au condus pe inginerii proiectanți să adopte anumite soluții mecanice în sistemele electronice pe care le-au conceput.

Practica constructivă (tehnologică) în industria electronică se poate defini prin suma tuturor activităților legate de proiectarea, dezvoltarea și producția părții de „hardware“, excluzînd problemele legate de proiectarea propriu-zisă a sistemului și circuitelor. Practica este astfel asociată cu probleme de mecanică, de hidro- și termodinamică, cu procese metalurgice și chimice; este de asemenea asociată cu probleme relativ simple de structură și de „design“ a echipamentelor electronice staționare și mobile. Mai pot fi incluse de asemenea, echipamentele electromecanice, aspecte privind legarea la masă și metode de supresiune în radio-frecvențe.

Cum tehnologia electronică se dezvoltă rapid, nu este de dorit o definire prea îngustă a practicii constructive, preferîndu-se tratarea acestui subiect ca o disciplină care cuprinde problema asigurării suportului tehnic de mediu în care dispozitivele de afișare electronice și sistemele de date vor funcționa. În ceea ce privește mediul, acesta nu se limitează numai la proiectarea și realizarea dulapurilor și consolelor de exemplu, ci tratează de asemenea aspecte legate de microclimatul intern, de variațiile climatice, interne și externe, ca și de avantajele și limitările lucrului cu operatorul uman. În esență, siguranța în funcționare a sistemelor electronice este în mod absolut legată de punerea în practică a unor soluții constructive sigure și nu trebuie să ne surprindă faptul că mai mult de 40%

din efortul total de dezvoltare a sistemelor de prelucrare a datelor este constituit din probleme cu caracter „neelectronic“.

Gama largă a aspectelor tehnologice chemate să asiste funcția de proiectare propriu-zisă a echipamentelor electronice, a încurajat o serie de ingineri mai puțin experimentați să trateze astfel de probleme de practică constructivă cu detașare, în speranța că „bunul simț“ asociat cunoștințelor teoretice îi va ajuta să surmonteze dificultățile.

Concentrarea asupra aspectelor de detaliu privind proiectarea circuitelor și asupra performanțelor teoretice ale sistemului, vitale de altfel în funcționare, nu sînt încă suficiente pentru a asigura succesul economic a unor sisteme de afișare și sisteme de prelucrare a datelor, mari și de multe ori foarte complexe. În particular, trebuie avută multă grijă în privința interdependenței dintre concepție și producție, care prin tradiție este o legătură slabă. Multe întreprinderi care produc asemenea sisteme sînt formate din unități mici cu facilități de producție limitate. Cu toate că acestea obțin în mod obișnuit o utilizare mai puțin eficientă a forței de muncă și a resurselor de fabricație, în comparație cu organizarea unei producții de masă, ele pot depăși acest dezavantaj printr-o conducere dinamică și printr-o respectare atentă a indicațiilor de proiectare. Utilizarea corectă a informațiilor de proiectare și de tehnologie de-a lungul ciclului de fabricație, este cheia succesului economic; dacă această activitate nu este bine organizată, ea poate periclita succesul unei companii a cărei activitate este angajată competiv pe piața acestui tip de echipamente de mare complexitate.

Fluxul de informații: concepție→producție

Cum nici unul dintre capitole nu tratează în mod special problema transmiterii informațiilor între domeniile de concepție și cele de producție, considerăm utile cîteva comentarii, asupra acestui subiect.

Este necesar să apreciem că sistemele complexe de afișare și de prelucrare a datelor, asociate de exemplu cu: controlul traficului aerian, rețele de apărare pămînt-aer sau cu sisteme de informare activă la bordul navelor, sînt proiectate astfel încît să facă față unor parametri de operare particulari, ca și unor cerințe individuale impuse de utilizator. Astfel, tehnica producției de masă în sensul convențional al cuvîntului, nu satisface aceste cerințe; eventuale reduceri ale costului de fabricație pot fi obținute prin organizarea unei producții care să țină seama de aceste particularități.

În același timp, cercetătorii și proiectanții trebuie încurajați în abordarea unor soluții modulare, în așa fel încît un număr de module identice, sau cel puțin similare, să asigure o gamă largă de parametri operaționali; se creează în felul acesta premizele unei producții de grup cu un ciclu de fabricație economic, cu avantaje în ceea ce privește stocarea, asamblarea finală și testarea.

Adaptarea unor astfel de sisteme la particularitățile de instalare trebuie să se facă cu ajutorul unor seturi de accesorii adiționale, construite în așa fel încît să facă față cît mai bine cerințelor particulare ale fiecărui utilizator. O asemenea concepție în proiectarea sistemelor trebuie să se reflecte în soluțiile constructive adoptate de proiectanți și ingineri, aspecte ale acestui subiect fiind discutate de-a lungul acestei cărți.

Este de asemenea util dacă unitățile de proiectare și cele de producție adoptă un sistem de informații și de control care să constituie o bază de date, constînd dintr-un număr de componente electrice, mecanice și subansamble, fiecare dintre acestea fiind identificat în mod unic, avînd certificate de calitate în vederea utilizării în producție, și cu o documentație „standard" de utilizare.

O astfel de bază de date are rolul de a limita și ușura alegerea componentelor în etapa de proiectare și evită producerea unor unități, relativ identice, care trebuie stocate în faza de producție. Odată creeată, această bază de date, poate fi memorată într-un sistem de calcul ce ar permite de asemenea, prelucrarea unor informații tehnologice — liste de componente, desene, specificații — necesare în secțiile productive.

Prelucrarea unor informații tehnologice corecte și neambigui, permit folosirea planificării centralizate a resurselor, ceea ce înseamnă: sisteme de întocmirea notelor de plată, planificarea necesităților, estimarea planificată a perspectivelor de dezvoltare, controlul automat al stocurilor etc.

Practica constructivă, care include o abordare a unor soluții modulare în proiectare și un sistem de conducere avînd la dispoziție o bază de date, tind să elimine acea „tiranie a cifrelor", problemă întotdeauna asociată cu proiectarea sistemelor de conducere a întreprinderilor. Devine esențială urmărirea zilnică a situației unei largi varietăți de subansamble și determinarea momentului cînd acestea pot fi reunite, ca să poată permite asamblarea sistemului și testarea lui. Astfel, raționalizarea practicilor constructive, ceea ce include o reducere rațională a numărului de componente care stau la dispoziția constructorilor, este esențială și va avea ca rezultat o economisire a forței de muncă și a resurselor de fabricație.

Introducerea calculatoarelor în prelucrarea și regăsirea informațiilor și în sistemele de conducere, atent integrată în structura administrativă a compartimentelor de concepție și de producție, va compensa într-o măsură largă eficiența scăzută a unor întreprinderi cu producție de grup, angajate în proiectarea, dezvoltarea și producerea instalațiilor de vizualizare și prelucrare a datelor.

Recunoașteri

O carte care încearcă să acopere aspecte ale practicii constructive în cadrul industriei electronice, datorează mult, multor surse de informare. Mulțumim pe această cale pentru ajutorul care ne-a fost acordat, de un număr de organizații, în special acelora a căror conducere a permis autorilor să insereze în text diagrame și fotografii. În particular, asistența deosebită a următoarelor companii a fost apreciată foarte mult:

Airtech Ltd
AMP of. Grait Britain Ltd.
Ansley Electronics — Division of Thomas § Betts Corp.
Associated Automation Ltd (GEC Group of Companies)
BICC — BURNDY Ltd
Plessey Co. Ltd.
Raychem Ltd.
Schjeldahl Co. UK Division
ARIES Electronics, Inc.

Mai mult decît atît, anumite secțiuni ale cărții au fost publicate cu permisiunea Ministerului Apărării al Marii Britanii, incluzînd, Departamentul tehnic și Departamentul de vehicule militare, Departamentul Regal Radar și Departamentul de arme de suprafață al Amiralității.

În momentul publicării, autorii, sînt toți membri ai Companiei Plessey Ltd, și editorul ține să mulțumească pe această cale în numele tuturor, conducerii Companiei Plessey în general și Departamentului Plessey Radar, în particular, ca de altfel tuturor colegilor care au contribuit la citirea și corectarea manuscriselor.

Clem Richards
editor

Cuprins

Prefață la ediția română 5

Prefață la ediția engleză 11

Capitolul 1. **Generarea datelor electronice** 19

P. D. Goodenough

Generarea. Radarul primar. Radarul secundar. Sonarul. Televiziunea.

Capitolul 2. **Transmisia și prelucrarea primară a datelor electronice** . . 43

P. D. Goodenough

Lărgimea de bandă. Lărgime de bandă limitată. Modulația și demodulația. Transmisia de bandă largă. Transmisia de bandă îngustă. Extragerea punctului țintă. Modulația în impulsuri.
Anexă. Cuvinte numerice (digitale).

Capitolul 3. **Afișarea datelor electronice** 73

J. H. Rowe

Afișajele alfanumerice captive. Afișaje mozaic. Adresarea afișajelor mozaic. Alte efecte exploatabile. Tubul catodic. Forme de undă de comandă. Afișajele cu bobină mobilă. Afișajele cu bobină fixată. Linii și simboluri. Sisteme de afișare. Semnale sintetice în timp real. Afișaj strălucitor. Afișaje multicolore. Afișaje cu ecran lat cu tub cinescop.
Bibliografie.

Capitolul 4. **Aspecte elementare ale proiectării și utilizării tuburilor catodice** 103

C. J. Richards

Caracteristici generale ale afișajelor pe tuburi catodice. Tubul catodic. Sisteme de deflexie cu tuburi catodice. Tuburi cu deflexie magnetică. Tuburi cu deflexie electrostatică. Dimensiunile spotului de definiție. Luminanța. Raportul de contrast. Caracteristicile substanței fosforescente. Saturația termică. Pîlpîirea sau frecvența de repetare a afișării. Factori umani. Iluminatul ambiant. Generarea de caractere sau simboluri. Dimensiunile și lizibilitatea caracterelor. Codificarea. *Anexă.* Unități metrice pentru lumină (C.I.E.) și tabele de conversie.
Bibliografie.

Capitolul 5. **Parametri de proiectare mecanică ai dispozitivelor de afișare pe tub catodic** 139
C. J. Richards
Generalități.
Bobina de deflexie electromagnetică circulară. Distorsiunile spotului. Împachetarea componentelor bobinei. Ecranarea magnetică. Implozia tubului catodic. Tastaturile alfanumerice. Creioanele fotosensibile. Dispozitive de intrare cu fire sensibile la atingere. Dispozitive de sesizare a poziției cu bile rotative.

Capitolul 6. **Tehnici de interconectare** 207
R. P. Selby
Interconectări cu fir conductor. Conectori. Conexiunile flexibile. Identificarea cablurilor și firelor de interconectare. Susținerea cablurilor și firelor. *Anexă*. Glosar de termeni.
Bibliografie.

Capitolul 7. **Procesul de fabricație al plăcilor cu circuite imprimate** . . 267
C. A. Markwick
Introducerea în definirea plăcilor cu circuite imprimate. Materiale pentru plăcile rigide cu circuite imprimate. Procesele de fabricație. Procedeele de prelucrare mecanică și ansamblul de scule. Resisturi. Corodarea. Mijloace de facilitare a lipirii și finisarea de protecție.
Bibliografie.

Capitolul 8. **Metode de incapsulare asociate circuitelor microelectrice** . . 305
L. A. Dyer
Circuitele integrate pe siliciu. Incapsularea circuitelor integrate pe siliciu. Circuite integrate pe peliculă. Ansambluri hibride. Metode de montare și interconectare. Exploatarea termică. Avantaje și tendințe de viitor.
Bibliografie.

Capitolul 9. **Considerații de proiectare ale dulapului și consolei** 361
W. J. Dimond
Satisfacerea condițiilor de mediu. Țelurile propuse în proiectarea echipamentelor. Dulapul pentru folosirea în marină. Dulapul cu aplicații generale. Sertar modular. Consolele. Metode de răcire. Surse ale rezistenței termice. Caracteristicile termice ale semiconductorului. Suprafețe extinse. Comparația ventilatoarelor și zgomotul acustic. Tehnicile de răcire cu lichid și conducte termice.
Bibliografie.

Capitolul 10. **Cabine pentru echipamentele electronice** 411
R. P. Selby
Dimensiunea, forma și greutatea cabinelor. Izolația termică. Cabine cu carcasă. Panourile sandviș. Cabine gonflabile. Baldachine.

Caracteristicile legate de transport. Ridicare, utilizarea cricurilor și ancorare. Condiționarea aerului. Finisările interioare și iluminarea. Uși, deschideri, etanșări pentru intemperii, materiale pentru etanșare. Tălpi. Suporturi antișoc și izolatori de vibrație. Stocarea. Finisări.
Bibliografie.

Capitolul 11. **Aspecte electromecanice ale suprimării interferențelor radio și metode de legare la pămînt a sistemelor** 469
C. J. Richards

Interferența de radiofrecvență. Interferență de radiofrecvență condusă. Interferență radiată. Ansamble de echipament ecranat. Lista specificațiilor de nivele de zgomot (Marea Britanie). Masa de referință a sistemului. Legarea la pămînt de protecție. Cablarea sistemului.
Bibliografie.

Dicționar bilingv de noțiuni și subiecte 515

1

GENERAREA DATELOR ELECTRONICE

P. D. Goodenough

Generarea

La urmărirea avioanelor printr-un grup operaţional care se află la sol, este important de ştiut poziţia avionului în aer, cît şi înălţimea şi identitatea unui anume avion.

În mod asemănător, în navigaţia maritimă, în special în condiţii de vizibilitate scăzută, cum este cazul ceţii, cunoaşterea poziţiilor relative şi a traseelor altor nave este de mare importanţă pentru comandantul de vas, în scopul evitării unor coliziuni potenţiale.

O altă cerinţă în domeniul maritim, este localizarea unui submarin faţă de un vas care „vînează".

În ambele cazuri, datele necesare care se referă la ţinte, sînt obţinute de către un sensor care utilizează o tehnologie electronică pentru a genera semnele analogice, corelate în timp, referitor la distanţa şi direcţia de deplasare faţă de sensor.

Poziţiile ţintei sînt astfel obţinute în coordonate polare care indică distanţa şi azimutul de orizontală sau distanţa şi unghiul de înălţare pe verticală.

În cadrul acestui capitol sînt luate în consideraţie 4 categorii de sensori pentru generarea datelor electronice. Acestea sînt:

a) radarul primar care indică poziţia ţintei exprimată în distanţă, azimut şi unghiul de înălţare.

b) radarul secundar care indică poziţia ţintei exprimată în distanţă, azimut şi unghiul de înălţare împreună cu identitatea ţintei;

c) sondrul indicînd poziţia exprimată în distanţă şi azimut sub apă;

d) camera de televiziune.

Radarul primar

Funcţionarea radarului primar se bazează pe fenomenul de reflecţie a energiei electromagnetice, de către corpurile solide. Dacă un impuls electromagnetic este transmis, undele sale se propagă pornind de la sursă cu viteza luminii, 3×10^8 m/s. Dacă în drumul ei, unda întîlneşte un corp solid, un avion de pildă, o parte din energia transmisă este reflectată în direcţia sursei cu aceiaşi viteză. Dacă energia reflectată este detectată de un receptor sensibil, aflat la locul sursei, se poate măsura întîrzierea între momentul transmisiei şi al detectării semnalului reflectat, sau, cu alte cuvinte ecoul.

Deoarece viteza este cunoscută, se poate face un calcul simplu pentru a determina distanţa între sursă şi obiectul reflector sau ţinta. Deci:

$$\text{distanţa} = \frac{CT}{2}$$

unde T este timpul scurs între transmisie şi recepţie iar C este viteza luminii. În mod normal distanţa cerută se măsoară în mile marine iar formula de bază este aproximativ:

$\text{Distanţa} = \frac{T}{12{,}4}$ mile marine (1 milă marină=1,8532 km) unde T este măsurat în microsecunde.

Înaintea unei alte transmisii, este necesar să aşteptăm o perioadă, în timpul căreia mai pot să se transmită ecouri. Acest timp depinde de puterea transmisă şi de sensibilitatea receptorului iar în mod normal este de ordinul a 600 microsecunde pentru distanţe mici şi radare de mică putere şi de 3600 de microsecunde pentru distanţe mari şi radare puternice. Durata dintre transmisii este cunoscută ca *intervalul de repetiţie a impulsurilor* — i.r.i. — (*pulse repetition interval* — p.r.i.), avînd respectiv o *frecvenţă de repetiţie a impulsurilor* — f.r.i. — (pulse repetition frequencey — p.r.f.).

Pentru a obţine o rezoluţie adecvată a distanţei de la un radar primar, este necesar să transmitem un impuls care să fie mai scurt decît intervalul minim observabil între două ţinte adiacente. Deoarece timpul radar este de 12,4 microsecunde pe mila marină, şi deoarece se cere o rezoluţie mai mică de 1 milă marină, lungimea impulsului transmis este deci în mod normal de ordinul 1 microsecunde. Mai mult, folosind această lungime a impulsului, se consumă mai puţină energie la transmisie, decît pentru un impuls mai lung, consecinţa imediată fiind o reducere a puterii de transmisie a emiţătorului.

Fig. 1.1. ilustrează relaţia dintre impulsurile transmise şi răspunsurile de la ţintă.

Nu se poate cere detectarea unei distanţe infinite cu ajutorul unui sistem radar, deoarece pentru o putere transmisă dată, puterea reflectată de ţintă descreşte cu creşterea distanţei. Relaţia între puterea transmisă P_T, distanţa R şi puterea receptată a unui ecou, se poate exprima în relaţia:

$$\frac{P_T}{P_R} = K \cdot R^4$$

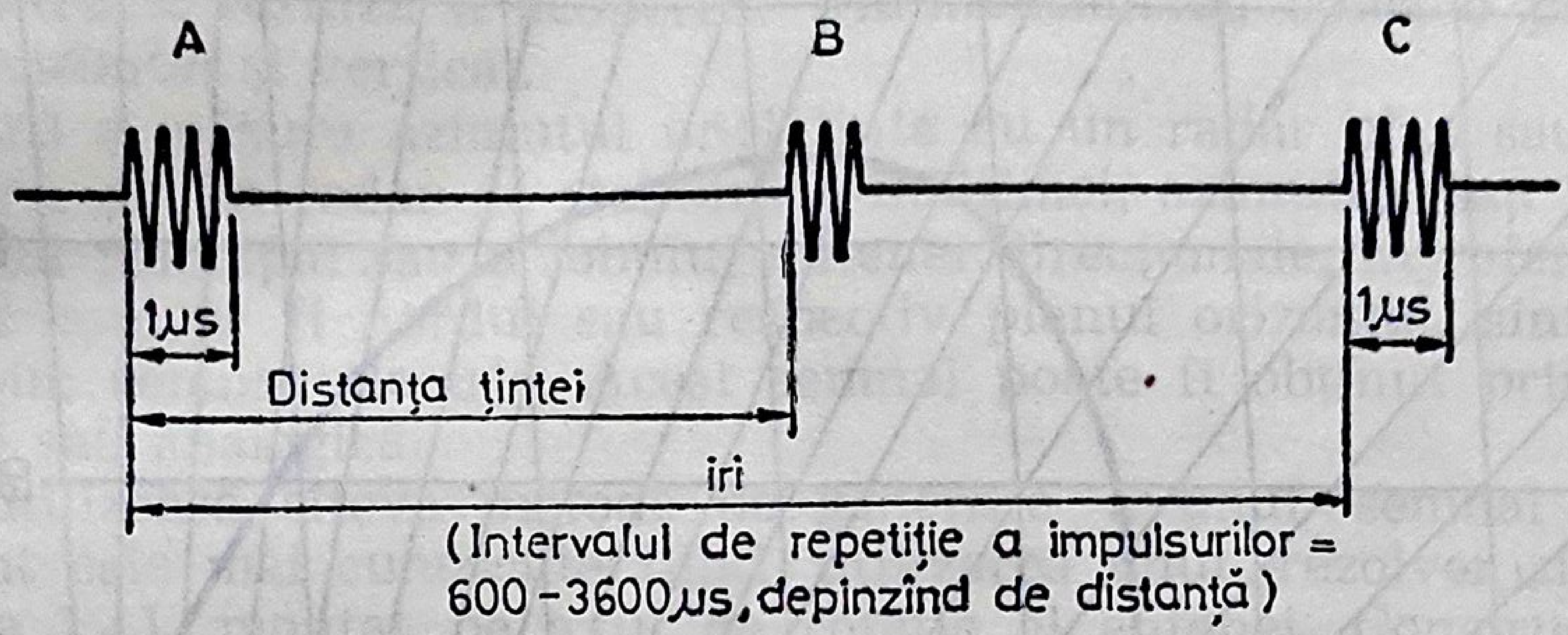
unde K este o constantă corespunzătoare unei antene şi unei frecvenţe de transmisie date.

Mai precis, ecuația acestei relații este:

$$\frac{P_T}{P_R}=\frac{4\pi\lambda^2 R^2}{A_T A_E A_R}$$

unde:

A_T este aria efectivă a antenei emițătoare;
A_R — aria efectivă a antenei receptoare;
A_E — aria efectivă a ecoului țintei;
λ — lungimea de undă a transmisiei.


A
B
C
1μs
1μs
Distanța țintei
iri
(Intervalul de repetiție a impulsurilor = 600-3600μs, depinzînd de distanță)

A este impulsul transmis nr. 1
B este ecoul țintei
C este impulsul transmis nr. 2

Fig. 1.1. Diagrama de timp a radarului primar.

Din această relație între distanța și puterea transmisă, se poate observa că pentru a obține de la un radar o distanță de două ori mai mare, este necesară o creștere de 16 ori a puterii transmise.

Pînă acum am considerat problema determinării poziției țintei, ținînd seama numai de o dimensiune. Pentru a obține azimutul țintei, se folosește un sistem de antenă de tip reflector, în așa fel încît energia transmisă se concentrează într-un fascicol îngust către azimut. Se poate face analogia cu un far de automobil. Se impune antenei o mișcare de rotație, continuă, cu o viteză constantă, astfel încît ecourile primite de la ținte se găsesc acum în relații de timp, a distanței în raport cu impulsul radar transmis și respectiv a azimutului în raport cu un azimut de referință fix, de exemplu nordul.

Lărgimea fascicolului unui radar, în planul azimutal este de ordinul a 1° la 2°. Asigurînd o astfel de lățime a impulsului, antena obține un anumit cîștig de putere în direcția fascicolului principal. Pentru un radar plan, de la care se cer informații de distanță și azimut este necesară de asemenea o bună acoperire în unghi de înălțare, astfel că se practică un reflector de fascicol în evantai pentru a da acoperire suplimentară în planul vertical. Un exemplu tipic de acoperire, sau diagramă polară a unghiului de înălțare, a unui radar primar, este prezentată în fig. 1.2.

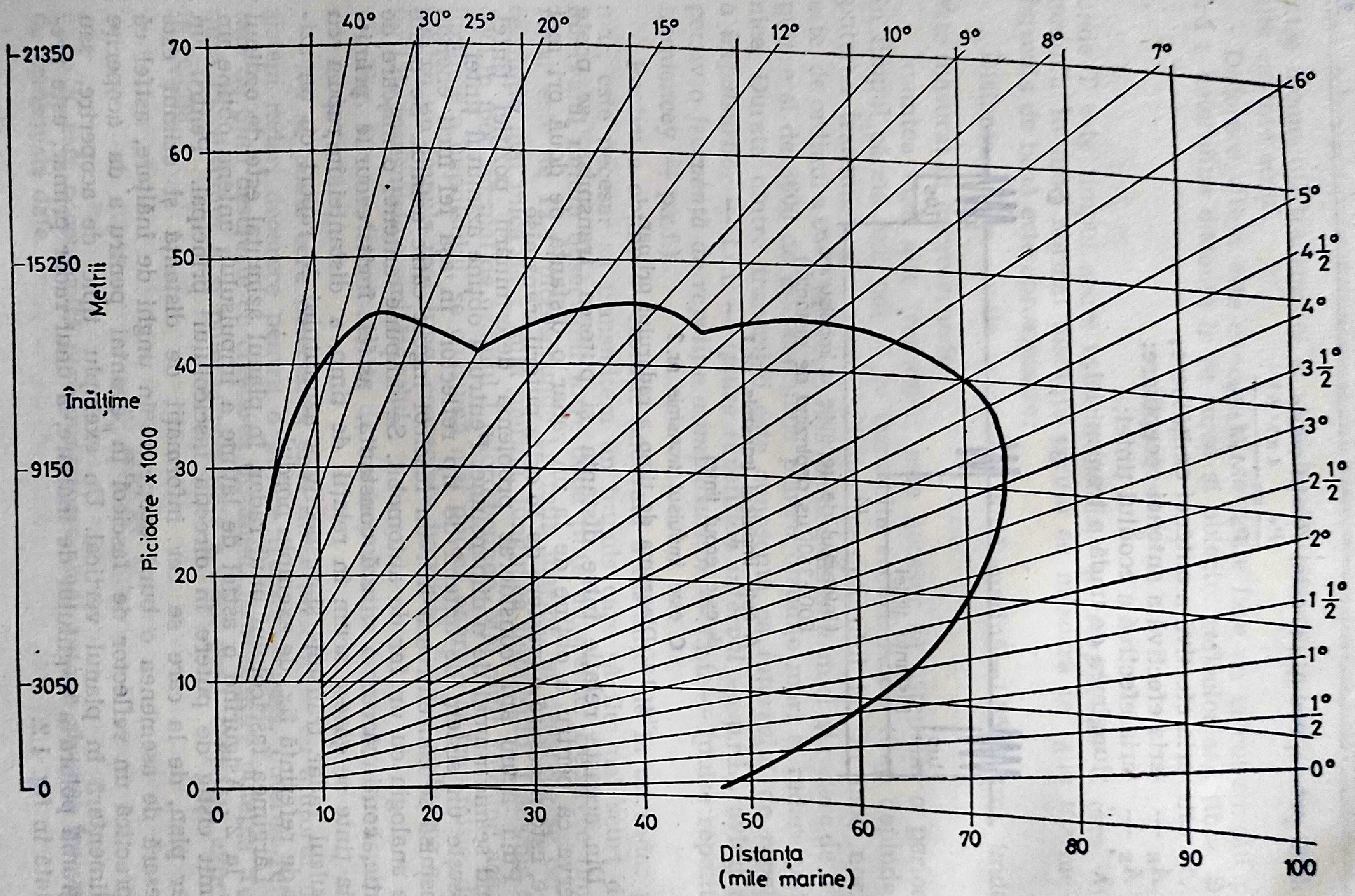


Fig. 1.2. Acoperirea unghiului de înălţare de către un radar primar.

Un radar primar poate fi utilizat pentru a furniza informaţii de distanţă şi înălţime a ţintei. În acest caz sistemul antenei este similar cu cel al unui radar plan, dar rotit cu 90°, pentru a da un fascicol lat în planul azimutului şi îngust în înălţime. Alte configuraţii de antene, produc un fascicol îngust în atît planul azimutului, cît şi în planul vertical, fiind întrebuinţate ca radaruri de urmărire.

Se mai utilizează soluţia unui fascicol îngust în planul azimutal, cu un mănunchi de fascicole înguste în planul vertical, la anumiţi senzori radar pentru a furniza o acoperire tridimensională, adică o poziţionare a ţintei orizontal şi vertical.

Pentru a măsura azimutul unei ţinte cu un radar plan sau unghiul de înălţare, cu un radar de stabilire a înălţimei, azimutul (sau înălţarea) fascicolului principal sau a lobului antenei direcţionale, în referire la un reper fix cum ar fi nordul sau respectiv planul orizontal, sînt convertite într-un semnal electric. Acest semnal poate fi obţinut prin tehnica numerică sau analogică.

Se utilizează cîteva metode de generare a unui semnal analogic de azimut cele mai cunoscute fiind utilizarea unui rezolver sincron cu raport de 1 : 1, montat pe axul de rotaţie al antenei. Construcţia unui astfel de rezolver sincron este similară cu cea a unui alternator bifazic şi se compune dintr-un stator cu două înfăşurări, dispuse la 90° una de cealaltă şi un rotor cu o singură înfăşurare, alimentată la o tensiune de referinţă alternativă de amplitudine constantă.

Înfăşurarea rotorului este cuplată inductiv cu înfăşurările statorului, luînd naştere o tensiune în înfăşurările statorului, în fază cu tensiunea de referinţă, dar cu o amplitudine, reprezentînd sinusul şi respectiv cosinusul unghiului axului, în raport cu punctul de referinţă (referinţa unghiulară); Frecvenţa tensiunii de referinţă este în mod normal 50 Hz sau 400 Hz.

Cît priveşte generarea unei informaţii numerice de azimut, rezolverul sincron este înlocuit cu un *codificator axial,* montat în mod asemănător în raport de 1 : 1 pe axul de rotaţie al antenei. Codificatorul generează un impuls pentru un punct de referinţă fix, de exemplu nordul, şi o serie de impulsuri cel mai adesea 4096, la fiecare rotaţie completă. Aceasta asigură o rezoluţie de azimut de aproximativ 1/10°. Constructiv, codificatorul axial se compune ori dintr-un disc din circuit imprimat, pe care calcă nişte contacte perie, sau dintr-un disc optic, produs fotografic, împreună cu un sistem compus dintr-o lampă şi un sensor cu fotodiodă aşa cum este prezentat în fig. 1.3.

Diagrama bloc a unui radar primar este prezentată în fig. 1.4.

Generatorul trigger produce o serie de impulsuri cu frecvenţa de repetiţie a impulsurilor. Impulsurile sînt introduse în modulator, care la rîndul său activează emiţătorul de cele mai multe ori un magneton; acesta produce semnale de *radiofrecvenţă* (r.f.) cu frecvenţă radar de durată egală cu cea a impulsurilor. Semnalele de radiofrecvenţă sînt trecute prin cablu în mod normal un ghid de unde, la antenă şi în acest fel emise. Semnalele recepţionate sînt trecute prin distribuitor, către receptor şi apar la ieşirea acestuia ca semnale video. Celula de emisie/recepţie, sau comutatorul de emisie/recepţie, este un dispozitiv care izolează în mod automat receptorul, cînd emiţătorul produce energie de radiofrecvenţă. Aceasta este esenţial pentru a preveni o eventuală defectare a circuitelor receptorului de radiofrecvenţă, de către puterea mare generată la ieşirea emiţătorului, care este în mod normal de ordinul 0,5 Mw pînă la 5 Mw la vîrf.

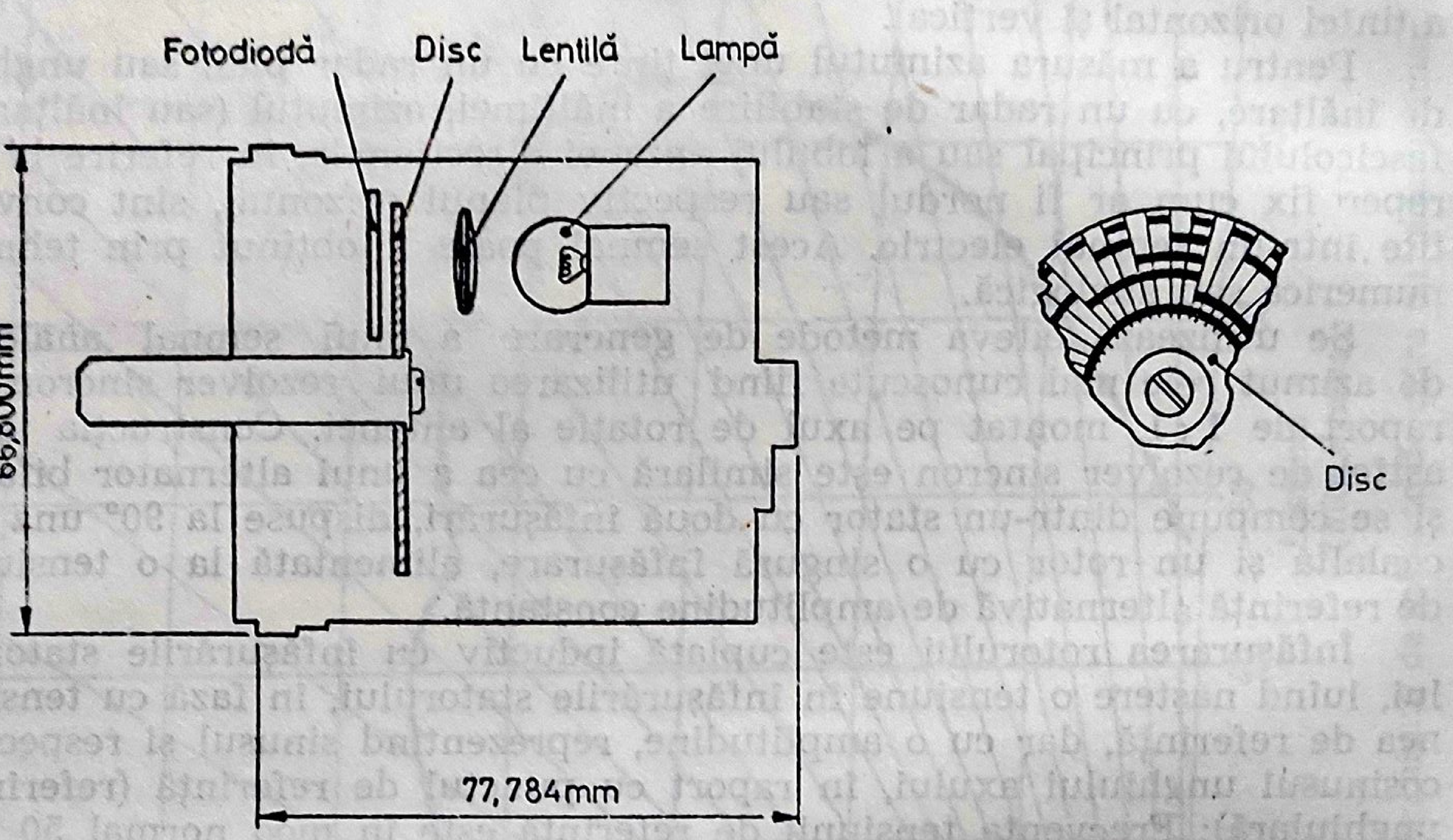

Fotodiodă
Disc
Lentilă
Lampă
66,800mm
77,784mm
Disc

Fig. 1.3. Codificator optic de unghiuri.

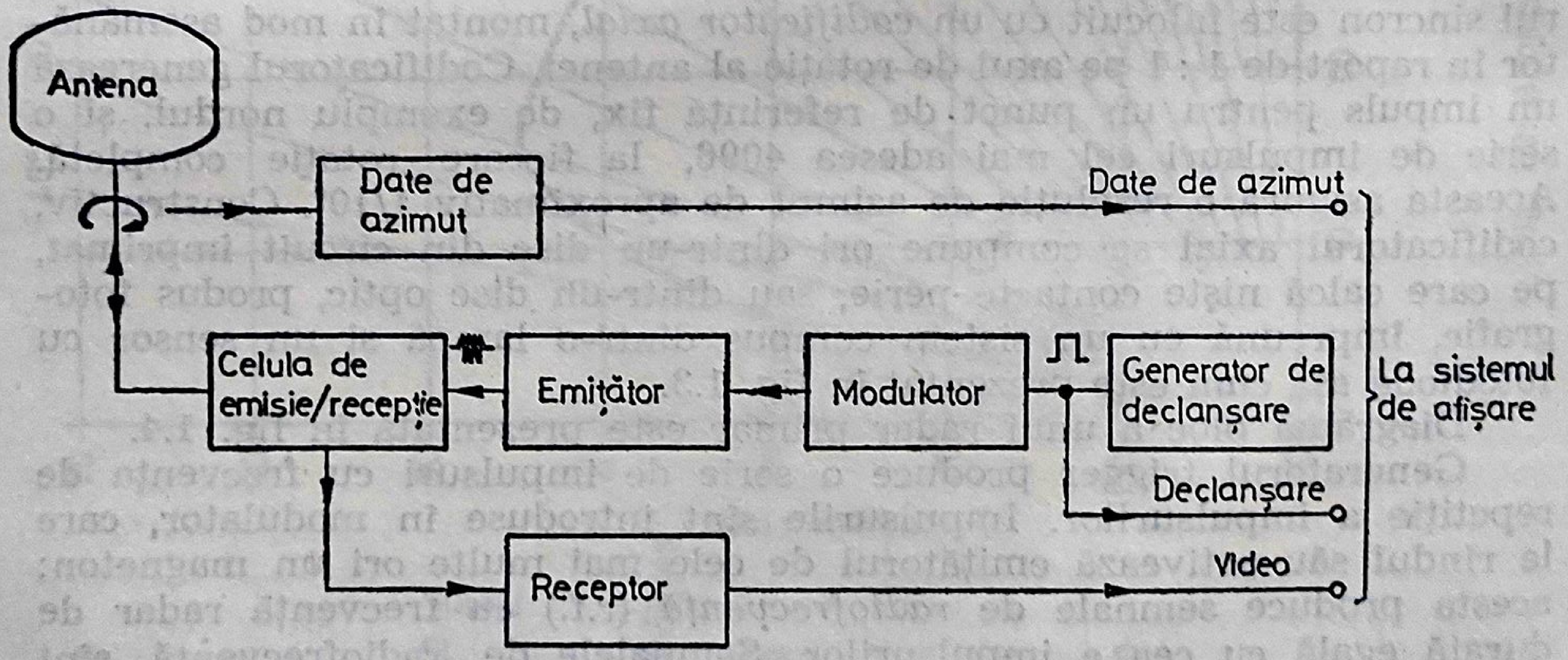

Antena
Date de azimut
Date de azimut
Celula de emisie/recepţie
Emiţător
Modulator
Generator de declanşare
La sistemul de afişare
Declanşare
Receptor
Video

Fig. 1.4. Blocul frontal al radarului primar.

Semnalele receptorului sub formă de impulsuri video, semnalele trigerului şi datele de azimut, sînt introduse în interfaţa sistemului de vizualizare al radarului, descrisă în capitolul 4.

Pînă aici am discutat problema localizării ţintei prin reflectarea energiei transmise de emiţător. Din păcate, energia nu este reflectată numai de ţinte potenţiale, cum ar fi avioane şi nave, dar într-o oarecare măsură şi de clădiri, accidente de teren, păsări, nori etc.

Ecourile produse de obiectele statice, sînt nedorite şi cunoscute sub numele de ecouri parazite, deoarece ele bruiază într-adevăr sistemul de vizualizare al unui radar, punîndu-l pe operator în încurcătură recunoaşterea unui semnal ecou aşteptat.

Datorită curburii pămîntului majoritatea ecourilor parazite sînt generate în apropierea locaţiei radarului într-o zonă extinsă de obicei la 30 mile marine. Una din tehnicile care pot fi utilizate pentru a micşora ecourile parazite este de a varia amplificarea receptorului cu distanţa, adică de a regla o amplificare mică imediat după emisia pulsului şi a creşte amplificarea pînă la emisia viitoare. Această metodă este cunoscută drept *controlul sensibilităţii funcţie de timp* — c.s.f.t. — (sensitivity time control — s.t.c.) sau „reglarea cuplajului" iar legea care reprezintă funcţia amplificare/distanţă este aproximativ exponenţială ca în fig. 1.5.

Această tehnică deşi micşorează efectul ecourilor parazite reduce şi semnalele efective ale ţintei la o distanţă mică a ţintei şi nu face discriminări dintre ecouri dorite şi nedorite.

Se pot utiliza totuşi trăsăturile caracteristice ale ecourilor dorite şi a celor nedorite. Primele sînt semnale provenind de la ţinte mobile, în timp ce următoarele sînt statice sau fixe. Un sistem pentru detectarea şi izolarea ecourilor provenite de la ţinte mobile, faţă de cele provenite de la ţintele fixe, este cunoscut sub numele de ***selecţia ţintei mobile (s.t.m.)*** (moving target indication — m.t.i.). Dacă toate ecourile dintr-o

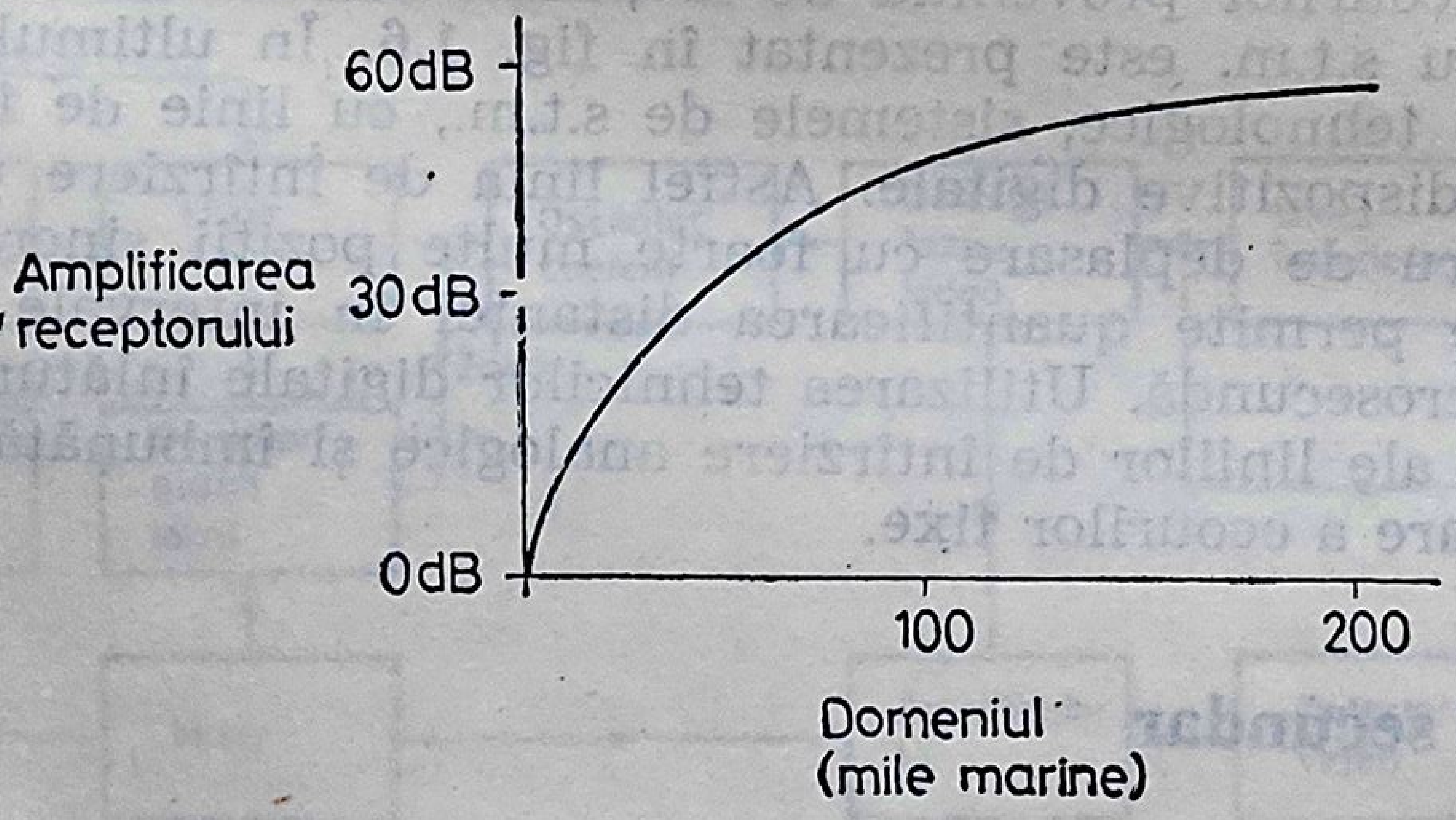


Fig. 1.5. Controlul sensibilităţii funcţie de timp (c.s.t.) sau „reglarea cuplajului".

transmisie sînt comparate cu ecourile recepţionate de la transmisia următoare, atunci se poate observa că amplitudinile recepţionate de la ţintele mobile variază, în timp ce, cele obţinute de la ţintele fixe sînt constante. În cel mai simplu sistem s.t.m., ecourile sînt memorate într-o linie de întîrziere cu o perioadă egală cu perioada de repetiţie a impulsurilor. Ecourile provenind de la transmisia curentă sînt astfel scăzute din cele memorate în linia de întîrziere, ecourile fixe fiind anulate, iar ecourile mobile datorită variaţiei amplitudinei lor sînt acceptate ca semnale video şi trimise dispozitivului de afişaj.

O a doua diferenţă caracteristică între ecourile ţintelor fixe şi mobile este variaţia de fază a ecoului mobil de la un interval de repetiţie a impulsului (i.r.i.) la altul. Aceasta se datoreşte efectului *Doppler:* datorită mişcării ţintei se modifică frecvenţa ecoului în comparaţie cu frecvenţa transmisă, în raport cu viteza de deplasare a ţintei. Schimbările foarte mici de frecvenţă apar sub forma modificării fazei ecoului recepţionat. Din păcate însă, ecourile sînt recepţionate după ce impulsul transmis a încetat şi deci nu mai e posibilă o comparare a fazei semnalului recepţionat, cu cea a semnalului emis. Se utilizează în acest scop un oscilator extrem de stabil, sincronizat cu emiţătorul în momentul transmisiei şi folosit ca fază de referinţă pentru ecourile recepţionate de-a lungul unei perioade. Acest oscilator este cunoscut sub numele de oscilator *coerent* (coherent oscilator) sau „coho“. Fazele semnalelor recepţionate şi a semnalului de referinţă sînt comparate într-un detector de fază, acceptîndu-se spre a fi transformate în semnale video, numai acele semnale care provin de la ţinte mobile. Dacă se combină cele două metode, s.t.m. descrise mai sus, se poate obţine un sistem destul de precis de eliminare a ecourilor provenind de la ţinte fixe. Un sistem tipic de radar primar cu s.t.m. este prezentat în fig. 1.6. În ultimul timp, odată cu progresele tehnologice, sistemele de s.t.m., cu linie de întîrziere sînt înlocuite cu dispozitive digitale. Astfel linia de întîrziere este înlocuită cu un registru de deplasare cu foarte multe poziţii sincronizat de un ceas, ceea ce permite quantificarea distanţei în intervale de timp, de ordinul 1 microsecundă. Utilizarea tehnicilor digitale înlătură problemele de stabilitate ale liniilor de întîrziere analogice şi îmbunătăţeşte procentul de eliminare a ecourilor fixe.

Radarul secundar

Unul din dezavantajele majore ale radarului primar este acela de a furniza numai informaţii poziţionale în legătură cu un avion care s-ar găsi sub controlul unei staţii la sol. Dacă două avioane s-ar găsi în zbor la o distanţă foarte mică unul de celălalt, controlorul de zbor ar fi nevoit să facă un apel radio către unul din cele două avioane, să ceară pilotului să facă o manevră specifică, moment în care avionul poate fi recunoscut pe displayul radarului. Această procedură introduce întîrzieri nedorite, duce la un consum suplimentar de combustibil și încarcă inutil legăturile radio. S-a pus în evidență faptul că în condiții de război este necesar să se identifice atît poziția, cît și identitatea țintei. Aceste necesități au dus la dezvoltarea radarului secundar, cunoscut și sub numele de *„identificare prieten sau dușman“ (i.p.d.) (identification friend or foe* — I.F.F.), care vine să completeze informațiile furnizate de radarul primar.

Radarul secundar este într-un anume sens similar radarului primar, prin aceea că stația la sol este echipată cu un emițător, un receptor și o antenă. Totuși, în timp ce radarul primar se bazează pe fenomenul reflecției unui impuls de radiofrecvență de către corpul avionului țintă, funcționarea radarului secundar se bazează pe existența unui dispozitiv specific: stația de răspuns — transponder —, montată la bordul avionului și compusă dintr-un emițător și un receptor. Stația de la sol are emițătorul acordat pe o frecvență internațională standard de 1030 MHz și receptorul pe o frecvență de 1090 MHz.

În funcționare impulsul transmis de emițătorul de la sol este detectat de receptorul transponderului care comandă acționarea emițătorului propriu pe cea de a doua frecvență (1090 MHz), frecvență detectată la rîndul ei de receptorul de la sol. Deoarece căile sol-aer și aer-sol sînt acordate pe frecvențe diferite, nu se recepționează nici o reflexie a impulsului emis de stația de la sol, eliminîndu-se în acest fel și problema zgomotului care apare la radarul primar. Acesta este de fapt avantajul cel mai important al radarului secundar.

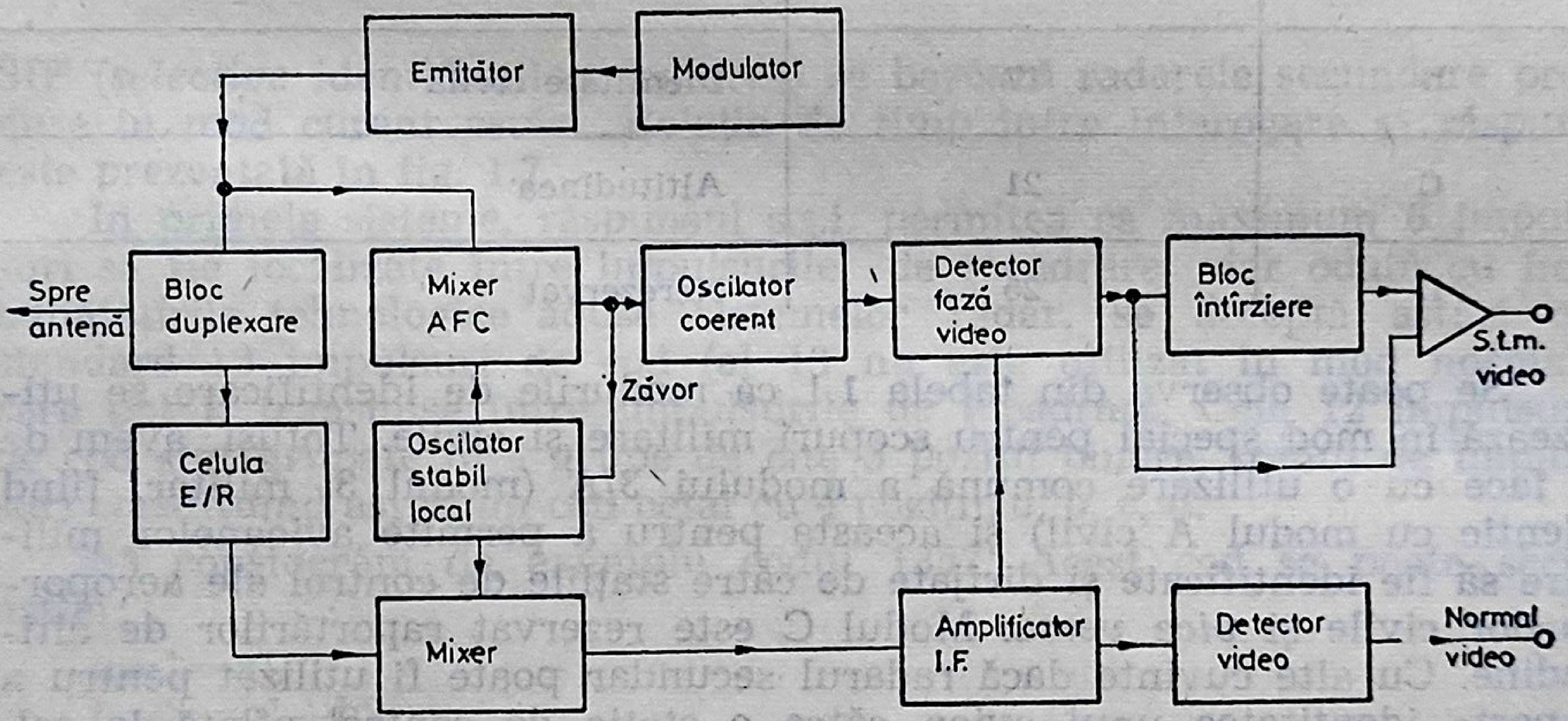


Fig. 1.6. Radarul primar cu s.t.m.

Principiile măsurării distanței și azimutului prin folosirea unei baze de timp se aplică în mod asemănător și la radarul secundar obținîndu-se în acest fel informații asupra poziției țintei.

Totuși, avem de-a face de fapt cu o legătură de telecomunicații propriu-zisă, deoarece sistemul se compune din perechi de emițătoare/receptoare, aflate la sol şi în aer, funcţionînd pe principiul unei legături duplex în frecvenţă. Se poate deci transmite de la sol un semnal de un anume cod care să se adreseze unui anume avion, care, cu un răspuns, de asemenea codificat, să trimită informaţii referitoare la poziţia şi identitatea sa. Acest lucru se realizează de fapt cu radarul secundar, cele două transmisii fiind cunoscute sub numele de *interogare* şi respectiv *răspuns*.

Transmisia de interogare se compune dintr-o pereche de impulsuri, la care intervalul de timp dintre ele determină *modul* de interogare, ceea ce s-ar putea formula cu alte cuvinte ca o cerere de informaţii adresată avionului.

În mod curent sînt posibile 6 moduri de interogare ale radarului secundar, acestea fiind prezentate în tabela 1.1.

Tabela 1.1

Modul	Spaţierea impulsului (microsecunde)	Utilizare
1	3	Identitate militară
2	5	Identitate militară
3/A	8	Joncţiune de identitate civilă/militară
B	17	Identitate civilă
C	21	Altitudinea
D	25	Nerezervat

Se poate observa din tabela 1.1 că modurile de identificare se utilizează în mod special pentru scopuri militare şi civile. Totuşi, avem de a face cu o utilizare comună a modului 3/A (modul 3, militar, fiind identic cu modul A civil) şi aceasta pentru a permite avioanelor militare să fie identificate şi dirijate de către staţiile de control ale aeroporturilor civile şi *vice versa*. Modul C este rezervat raportărilor de altitudine. Cu alte cuvinte dacă radarul secundar poate fi utilizat pentru a raporta identitatea unui avion către o staţie de control aflată la sol, principiul se poate extinde pentru a raporta şi altitudinea avionului, în felul acesta punîndu-se la dispoziţie şi cea de-a treia dimensiune care determină poziţia avionului, fără utilizarea unui radar primar separat destinat în mod special să măsoare altitudinea.

După ce am discutat, în cele de mai sus problema codificării interogaţiilor staţiei terestre, urmează să discutăm acum, răspunsul transponderului, la o anume interogare. În primele sisteme i.p.d. (IFF) dacă o interogare era recunoscută de transponder, acesta transmitea înapoi, către stația terestră, un singur impuls. Acesta constituia și un mijloc de identificare cu ajutorul căruia se putea deci stabili dacă avionul respectiv era sau nu un avion inamic. Sistemele mai sofisticate, care au urmat transmiteau o pereche de impulsuri la interval de 203 microsecunde unul de celălalt, cunoscute sub numele de impulsuri de *încadrare (framming pulses)*, iar în intervalul dintre ele se puteau insera, în poziții discrete alte impulsuri, cunoscute sub numele de impulsuri de *cod*. Pe acest principiu, cunoscut sub numele de *sistem selectiv de identificare* (s.s.i.) sau SIF (*selective* identification features) se bazează radarele secundare produse în mod curent astăzi. Relația de timp între interogare și răspuns este prezentată în fig. 1.7.

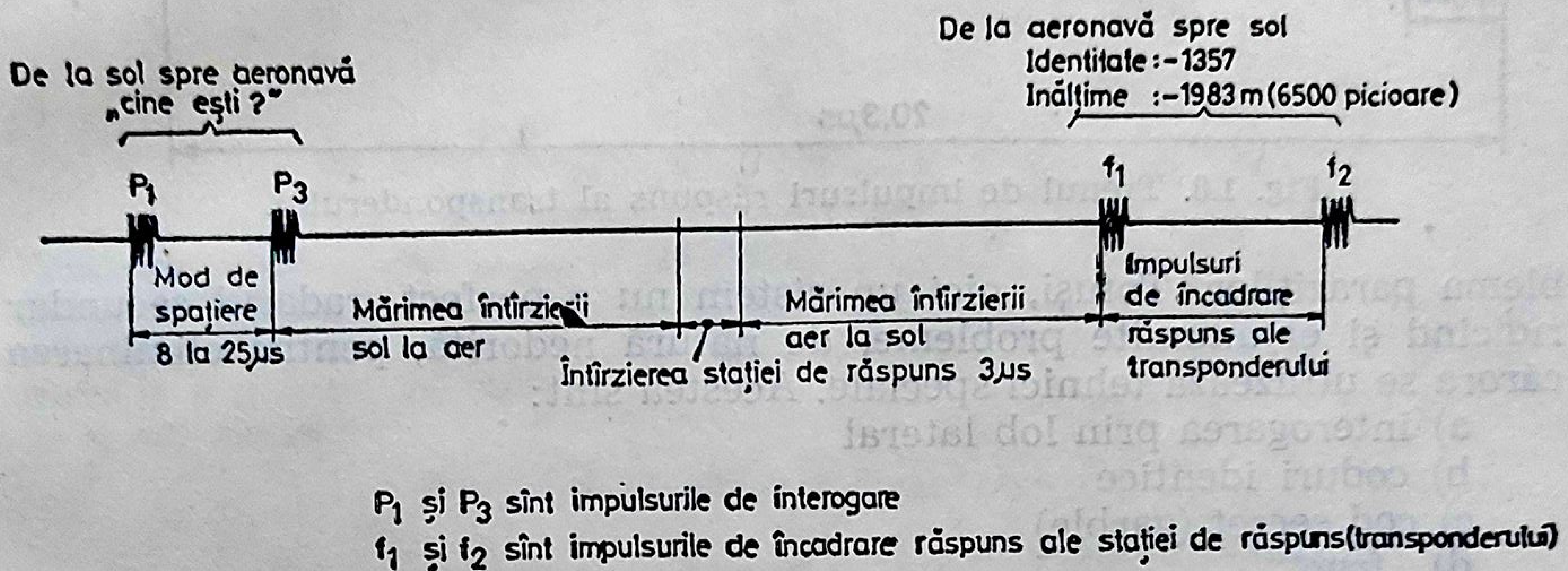

De la sol spre aeronavă
„cine ești ?"
De la aeronavă spre sol
Identitate :-1357
Inălțime :-1983 m (6500 picioare)
P1
P3
f1
f2
Mod de spațiere
8 la 25µs
Mărimea întîrzierii sol la aer
Întîrzierea stației de răspuns 3µs
Mărimea întîrzierii aer la sol
Impulsuri de încadrare răspuns ale transponderului
P1 și P3 sînt impulsurile de interogare
f1 și f2 sînt impulsurile de încadrare răspuns ale stației de răspuns(transponderului)

Fig. 1.7. Diagrama de timp a semnalului interogare/răspuns.

În primele sisteme, răspunsul s.s.i. permitea ca maximum 6 impulsuri să fie localizate între impulsurile, de încadrare, dar odată cu îmbunătățirile tehnologice aduse sistemelor radar, se acceptă astăzi ca standard 13 impulsuri de cod (al 13 nu este utilizat în mod normal) care pot fi transmise între impulsurile de încadrare. Cele 12 impulsuri de cod sînt grupate în 4 grupe de cîte 3 poziții binare, trenul de impulsuri constituind astfel un cod octal cu 4 poziții, *a*, *b*, *c*, *d*.

Să considerăm de exemplu codul 1357. Acest cod se poate scrie astfel:

$a=1=a1$
$b=3=b1+b2$
$c=5=c1+c4$
$d=7=d1+d2+d4$

În felul acesta transponderul are la dispoziție pentru fiecare tren de răspunsuri 4096 de combinații. Cu alte cuvinte aceasta reprezintă 2^3 posibilități, care derivă din cei 4 digiți octali, fiecare avînd 2^3 valori posibile.

Din cele expuse mai sus s-ar părea că radarul secundar este un sistem perfect pentru controlul unui avion de la un centru de control terestru deoarece pune la dispoziţie cel puţin facilităţile radarului primar privind poziţionarea ţintei la care se adaogă date privind identitatea şi înălţimea avionului, toate acestea în condiţiile în care se elimină problema paraziţilor. Totuşi, nici un sistem nu e perfect, radarul secundar ridicînd şi el anumite probleme, de natură nedorită, pentru eliminarea cărora se utilizează tehnici speciale. Acestea sînt:

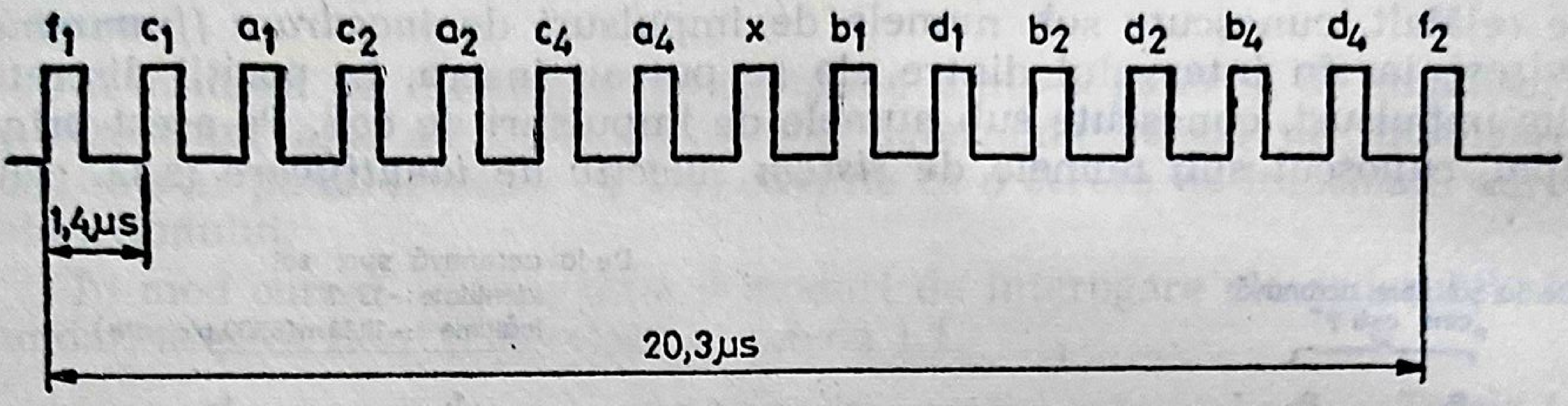


Fig. 1.8. Trenul de impulsuri răspuns al transponderului.

a) interogarea prin lob lateral
b) coduri identice
c) cod secret (garble)
d) „fruct“.

Să luăm în considerare primul dintre aceste efecte nedorite, acela al interogaţiei de lob lateral. Diagrama polară orizontală a antenei unui radar secundar tipic este prezentată în fig. 1.9 (a) şi cuprinde un lob principal, un număr de loburi laterale şi un lob posterior.

Puterea radiată de un lob lateral este în mod normal cu aproximativ 23 dB mai mică decît puterea radiată de lobul principal. La radarul primar, cantitatea mică de putere reflectată de avion de emisia datorată lobului lateral este insuficientă pentru a creea un ecou de ţintă falsă pe dispozitivul de vizualizare al radarului, dar în cazul radarului secundar, dacă transponderul de pe avion este din greşală acţionată de interogaţia lobului lateral, aceasta răspunde cu o transmisie de putere normală care generează un răspuns de ţintă cu un azimut fals. Dacă avionul se găseşte destul de aproape de emiţătorul radarului lateral se obţin atunci impulsuri de răspuns de la toţi cei şase lobi şi chiar de la lobul posterior ceea ce are ca efect o pierdere totală de informaţie de azimut sau un *ecou inelar* (ring around).

Pentru a depăşi acest inconvenient se întrebuinţează o tehnică specială cunoscută sub numele de *supresiune a lobului lateral* (side lobe suppression). Cu acest sistem emiţătorul terestru emite totdeauna în cadrul interogaţiei un al doilea impuls P_2 cu o întîrziere de 2 microsecunde după emiterea impulsului P_1. Acest impuls nu este emis de antena direcţională a radarului ci de o antenă omnidirecţională de tip dipol, de con-

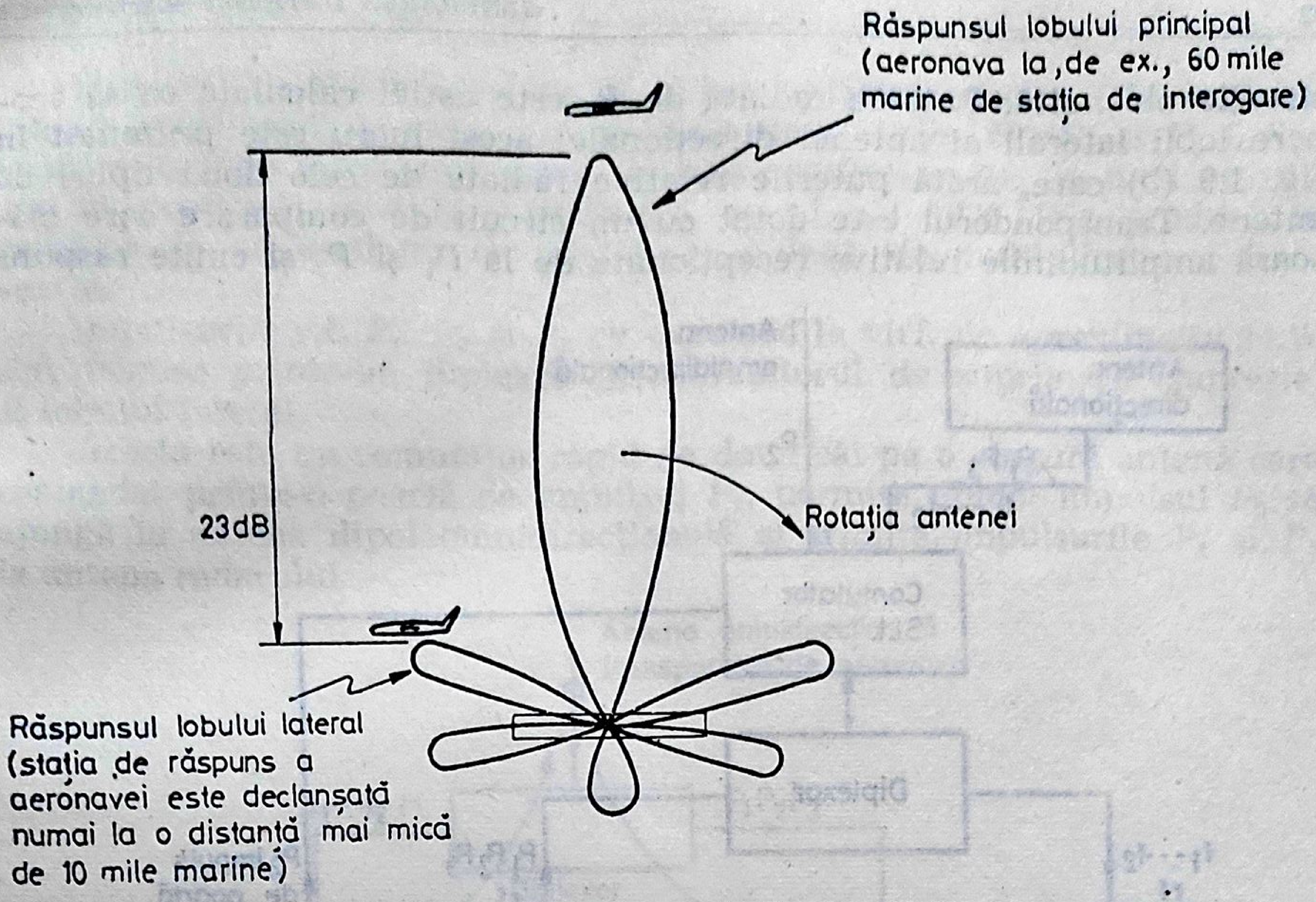

Răspunsul lobului principal (aeronava la, de ex., 60 mile marine de stația de interogare)
23dB
Rotația antenei
Răspunsul lobului lateral (stația de răspuns a aeronavei este declanșată numai la o distanță mai mică de 10 mile marine)

Fig. 1.9, a. Diagrama polară orizontală.

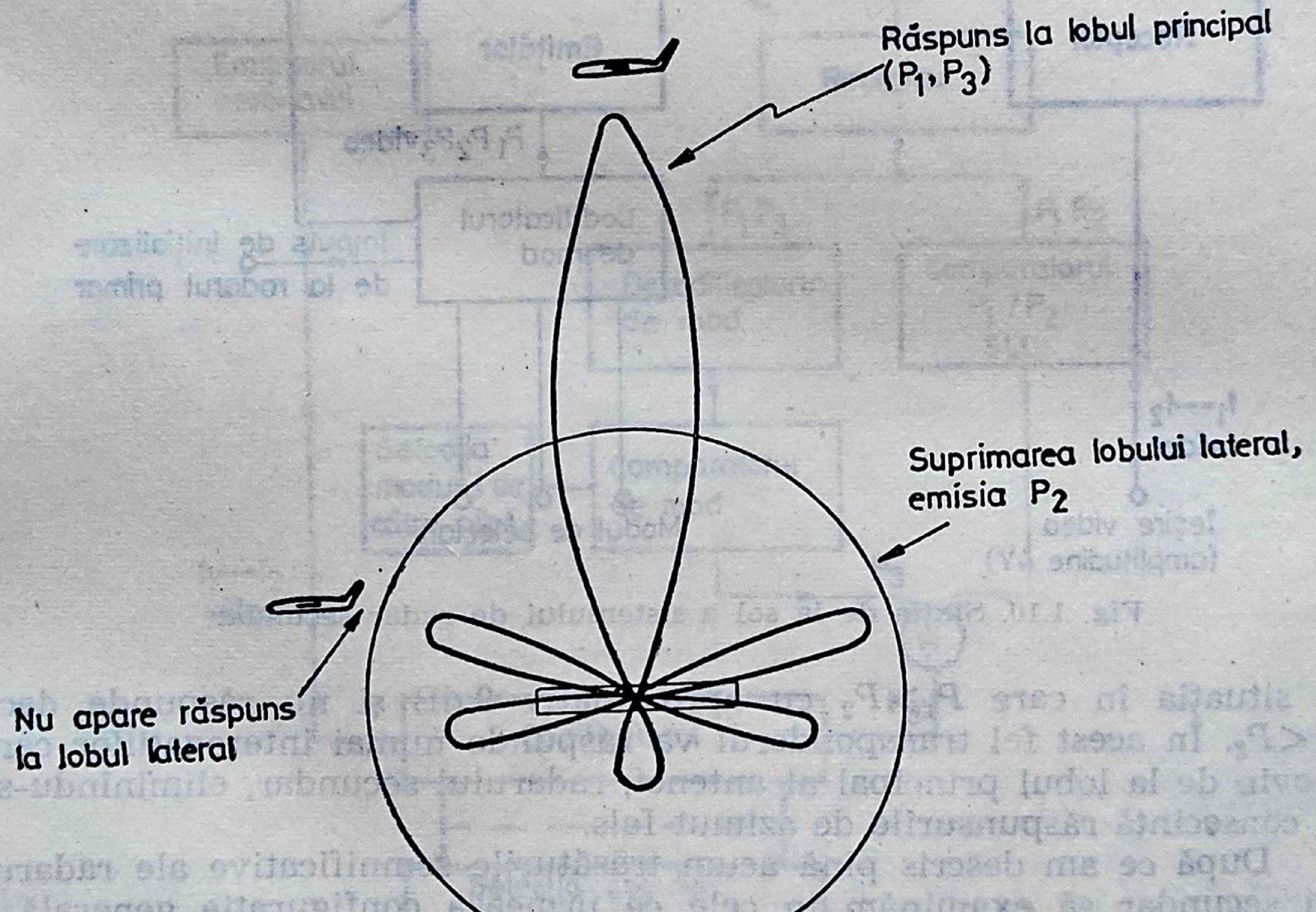

Răspuns la lobul principal (P_1, P_3)
Suprimarea lobului lateral, emisia P_2
Nu apare răspuns la lobul lateral

Fig. 1.9, b. Diagrama polară orizontală cu suprimarea lobului lateral (SLL).

strucție obișnuită. Puterea radiată de P_2 este astfel calculată ca să acopere lobii laterali ai antenei direcționale; acest lucru este prezentat în fig. 1.9 (b) care, arată puterile relative radiate de cele două tipuri de antene. Transponderul este dotat cu un circuit de comparare care măsoară amplitudinile relative recepționate de la P_1 și P_2 și emite răspuns

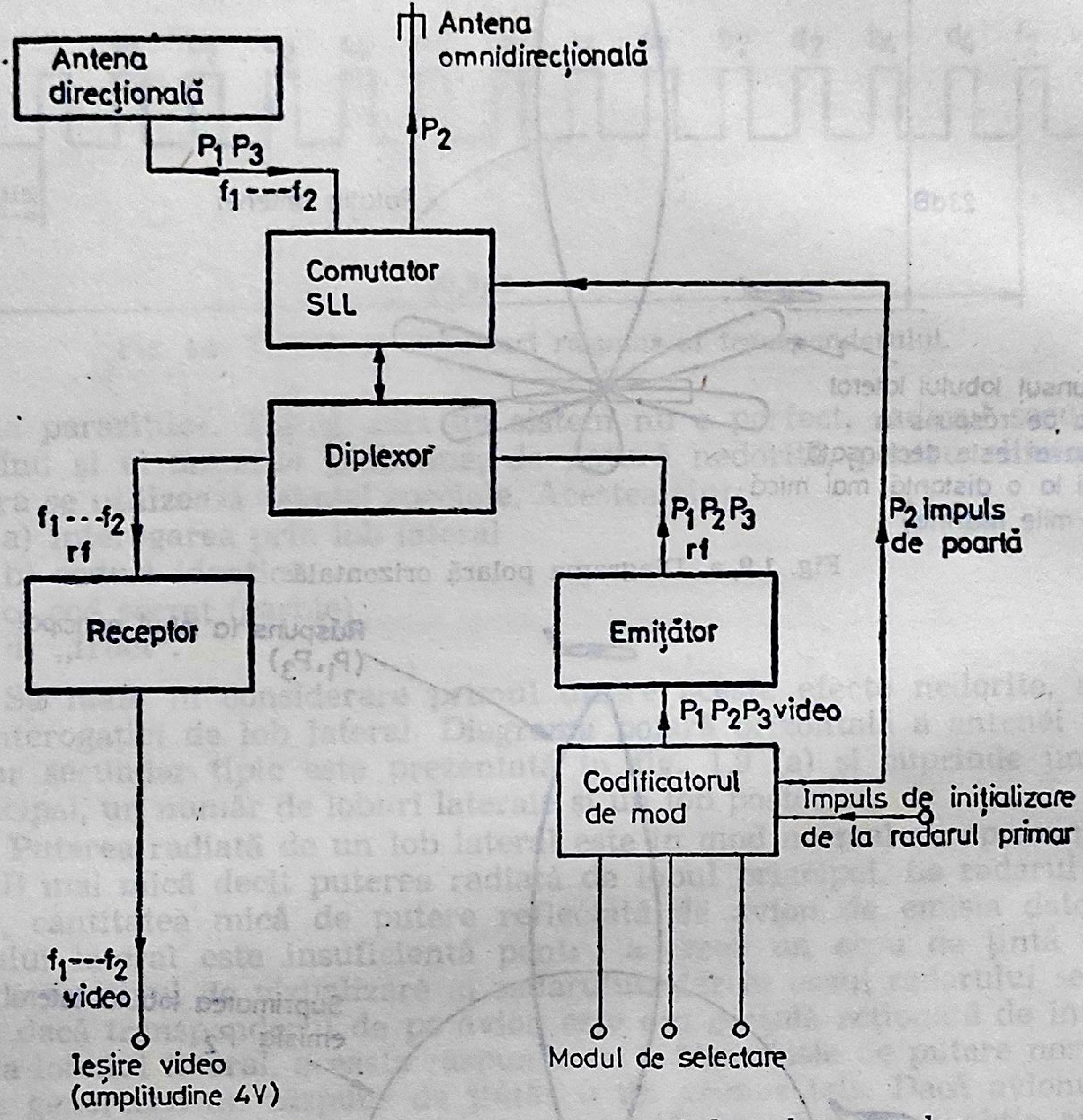

Antena direcțională
Antena omnidirecțională
P1 P3
f1---f2
P2
Comutator SLL
Diplexor
f1···f2 rf
P1 P2 P3 rf
P2 impuls de poartă
Receptor
Emițător
P1 P2 P3 video
Codificatorul de mod
Impuls de inițializare de la radarul primar
f1---f2 video
Ieșire video (amplitudine 4V)
Modul de selectare

Fig. 1.10. Stația de la sol a sistemului de radar secundar.

în situația în care $P_1 > P_2$ cu aproximativ 9 dB și nu răspunde dacă $P_1 < P_2$. În acest fel transponderul va răspunde numai interogațiilor care provin de la lobul principal al antenei, radarului secundar, eliminîndu-se în consecință răspunsurile de azimut fals.

După ce am descris pînă acum trăsăturile semnificative ale radarului secundar să examinăm în cele ce urmează configurația generală a sistemului. Diagrama bloc a unei stații terestre tipice de radar secundar este prezentată în fig. 1.10.

Impulsul de inițializare de la radarul primar asociat este introdus într-un codificator de mod care produce impulsurile, P_1, P_2 și P_3 la intervale de timp corespunzătoare. Ieșirea codificatorului de mod se utilizează pentru a modula purtătoarea în r.f. de 1030 MHz produsă în emițător de un oscilator cu cristal și un lanț de multiplicare a frecvenței.

Impulsurile r.f. P_1, P_2 și P_3 cu o putere la vîrf, de aproximativ 2 kW sînt trimise printr-un diplexor la comutatorul de suprimare (supresie) al lobului lateral.

Acesta este un comutator rapid de două căi pe o singură antenă care comandat printr-o poartă de impulsul P_2, permite numai impulsul P_2 să ajungă la antena dipol omnidirecțională și trimite impulsurile P_1 și P_3 la antena radarului.

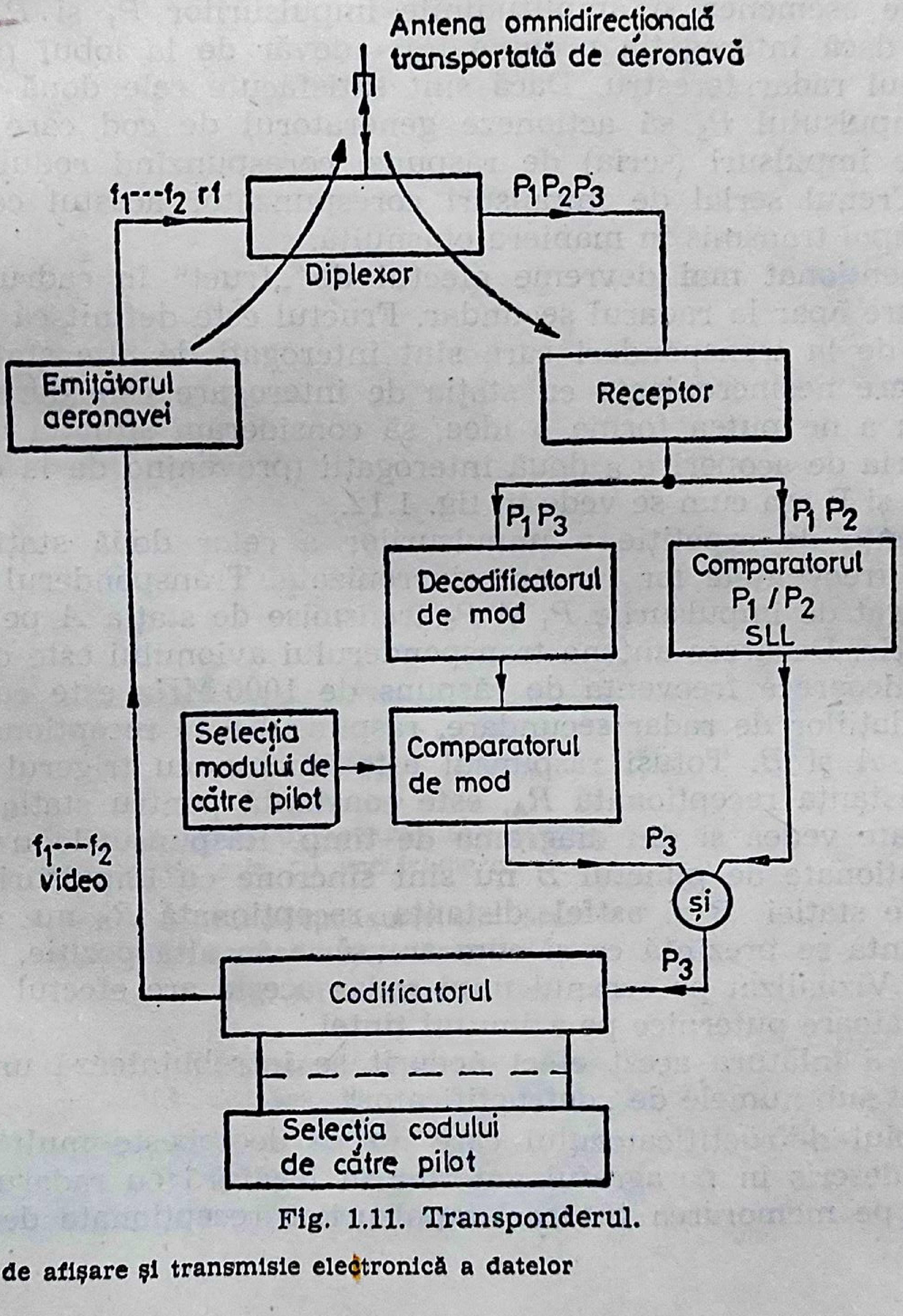

Antena omnidirecțională transportată de aeronavă
f1---f2 rf
P1P2P3
Diplexor
Emițătorul aeronavei
Receptor
P1P3
P1P2
Decodificatorul de mod
Comparatorul P1 / P2 SLL
Selecția modului de către pilot
Comparatorul de mod
f1---f2 video
P3
și
P3
Codificatorul
Selecția codului de către pilot

Fig. 1.11. Transponderul.

În condiţii de recepţie, răspunsurile transponderului sînt primite de antena direcţională a radarului şi direcţionate via comutatorul de suprimare a lobului lateral la diplexorul de frecvenţă şi mai departe la receptor. Ieşirea receptorului prezintă o serie de impulsuri de răspuns ale transponderului transformale în impulsuri video, în mod normal cu o amplitudine de 4 volţi. Ceea ce urmează mai departe: prelucrarea, decodificarea şi afişarea răspunsurilor transponderului este tratat pe larg în capitolul 2.

Diagrama bloc a unui transponder aeropurtat tipic este prezentată în fig. 1.11. Interogaţia de la staţia terestră este transmisă de la antena omnidirecţională a avionului printr-un diplexer la receptorul transponderului. Impulsurile P_1 şi P_3 detectate sînt decodificate pentru a determina modul de interogare şi comparate cu modul selectat de pilot. Se compară de asemenea şi amplitudinile impulsurilor P_1 şi P_2 pentru a determina dacă interogaţia provine într-adevăr de la lobul principal al antenei unui radar terestru. Dacă sînt satisfăcute cele două condiţii se permite impulsului P_3 să acţioneze generatorul de cod care generează un tren de impulsuri (seria) de răspuns, corespunzînd codului selectat de pilot. Trenul serial de impulsuri corespunzător acestui cod de răspuns este apoi transmis în maniera obişnuită.

S-a menţionat mai devreme efectul de „fruct“ în cadrul efectelor nedorite care apar la radarul secundar. Fructul este definit ca răspunsuri provenind de la transponderi care sînt interogaţi de alte staţii terestre de interogare nesincronizate cu staţia de interogare considerată.

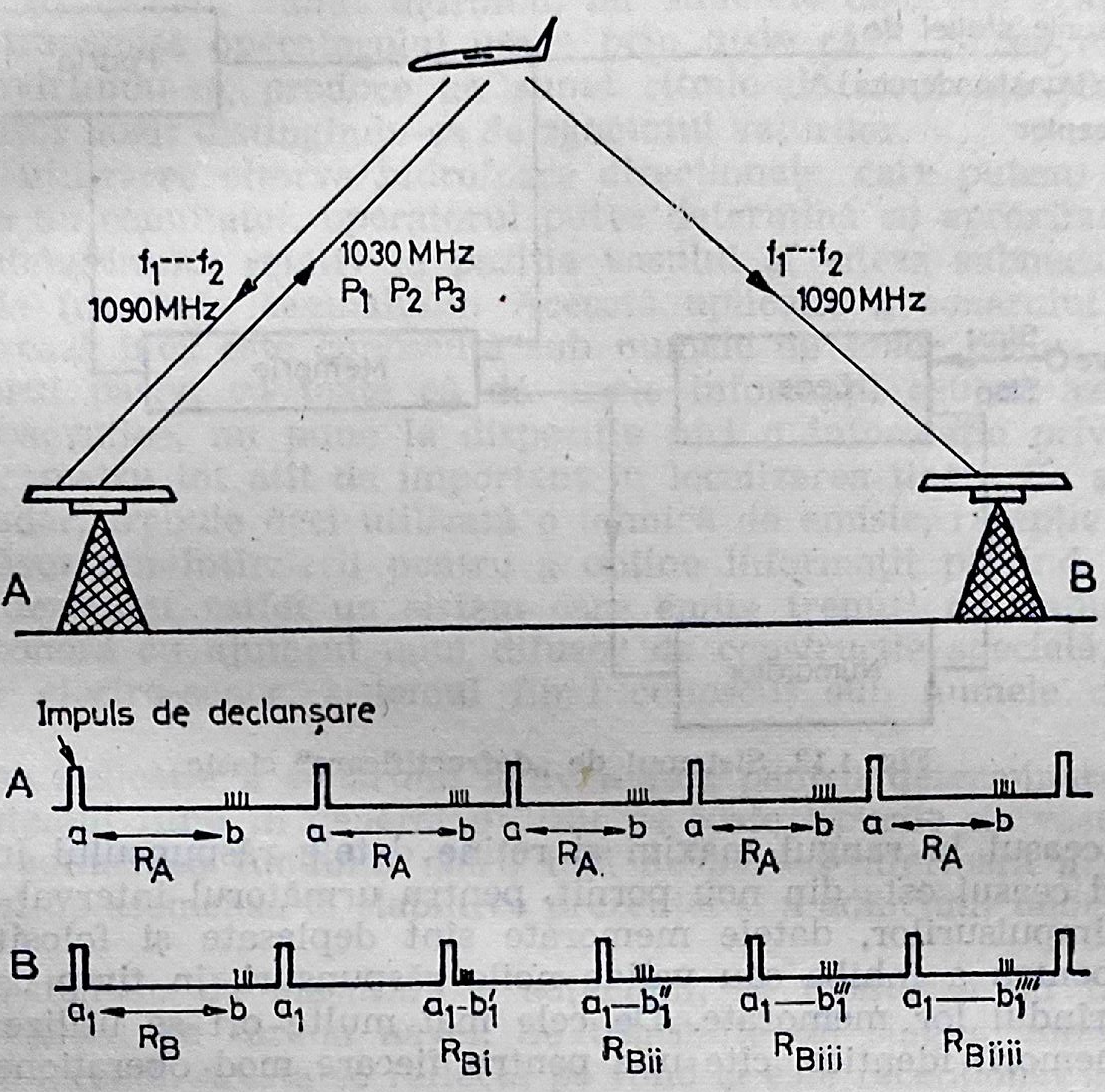
Pentru a ne putea forma o idee, să considerăm situaţia unui avion situat în aria de acoperire a două interogaţii (provenind de la două staţii terestre) A şi B aşa cum se vede în fig. 1.12.

Frecvenţa de repetiţie a impulsurilor a celor două staţii nu este identică şi frecvenţele lor nu sînt sincronizate. Transponderul avionului este interogat de impulsurile P_1 şi P_3 transmise de staţia A pe frecvenţa de 1030 MHz. Deoarece antena transponderului avionului este omnidirecţională şi deoarece frecvenţa de răspuns de 1090 MHz este comună tuturor instalaţiilor de radar secundare, răspunsul este recepţionat de ambele staţii, A şi B. Totuşi răspunsul este sincron cu trigerul staţiei A şi astfel distanţa recepţionată R_A, este constantă pentru staţia A şi aşa cum se poate vedea şi din diagrama de timp. Răspunsurile transponderului recepţionate de punctul B nu sînt sincrone cu impulsurile de declanşare ale staţiei B şi astfel distanţa recepţionată R_B nu este constantă şi ţinta se prezintă ca şi cum ar „sări“ în altă poziţie, la fiecare interogare. Vizualizat pe ecranul unui radar acesta are efectul unei perturbaţii aleatoare puternice pe azimutul ţintei.

Pentru a înlătura acest efect nedorit se întrebuinţează un dispozitiv cunoscut sub numele de „defructificator“.

Principiul defructificatorului care nu se deosebeşte mult de sistemul s.t.m. descris în paragraful anterior în legătură cu radarul primar, se bazează pe memorarea tuturor impulsurilor recepţionate de-a lungul unui *interval de recepție a impulsurilor* (iri) pentru un mod de interogare dat, trecîndu-se apoi la o comparare a distanțelor de la impulsurile memorate cu cele de la semnalele ulterioare provenite de la următoarea interogare făcută în mod identic.

Dacă, în urma acestei comparații se obține coincidența locațiilor, semnalele respective sînt acceptate ca sincrone, dacă nu, semnalele care nu coincid sînt eliminate, ca provenind din efect de „fruct". În același timp semnalele „proaspete" sînt memorate pentru a permite efectuarea



Pentru stația A răspunsurile sînt spațiate egal, deci sînt sincronizate cu impulsurile de declanșare

Pentru stația B răspunsurile sînt spațiate inegal față de impulsurile de declanșare proprii și deci sînt asincrone

Fig. 1.12. Apariția „fructului".

următorului ciclu de „defructificare". În dispozitivele de „defructificare" mai vechi se utilizau tehnici analogice de memorare, ca de exemplu tuburi catodice memoscop, dar tehnologiile mai noi întrebuințează acum dispozitive digitale; memorii magnetice de inele de ferită, sau registre de deplasare MOS (linii de întîrziere numerice). Diagrama bloc a unui dispozitiv tipic de defructificare este prezentată în fig. 1.13. Un ceas este pornit de la rangul zero şi impulsurile sale, de cele mai multe ori cu o perioadă de 1 microsecundă sînt introduse într-un dispozitiv de memorare.

Dacă se utilizează un registru de deplasare ca mediu de memorare acesta memorează cîte un rang la fiecare interval de 1 microsecundă. Memoria se umple deci cu serii de „1“ sau „0“ după cum în răspunsul primit există semnal în dreptul quantei respective de timp. Un contor opreşte ceasul la rangul maxim şi reţine datele răspunsului în memorie. Cînd ceasul este din nou pornit, pentru următorul interval de repetiţie a impulsurilor, datele memorate sînt deplasate şi folosite într-o poartă pentru a inhiba sau valida noile răspunsuri, în timp ce acestea sînt la rîndul lor memorate. De cele mai multe ori se utilizează, mai multe memorii identice, cîte una pentru fiecare mod operaţional de interogare.

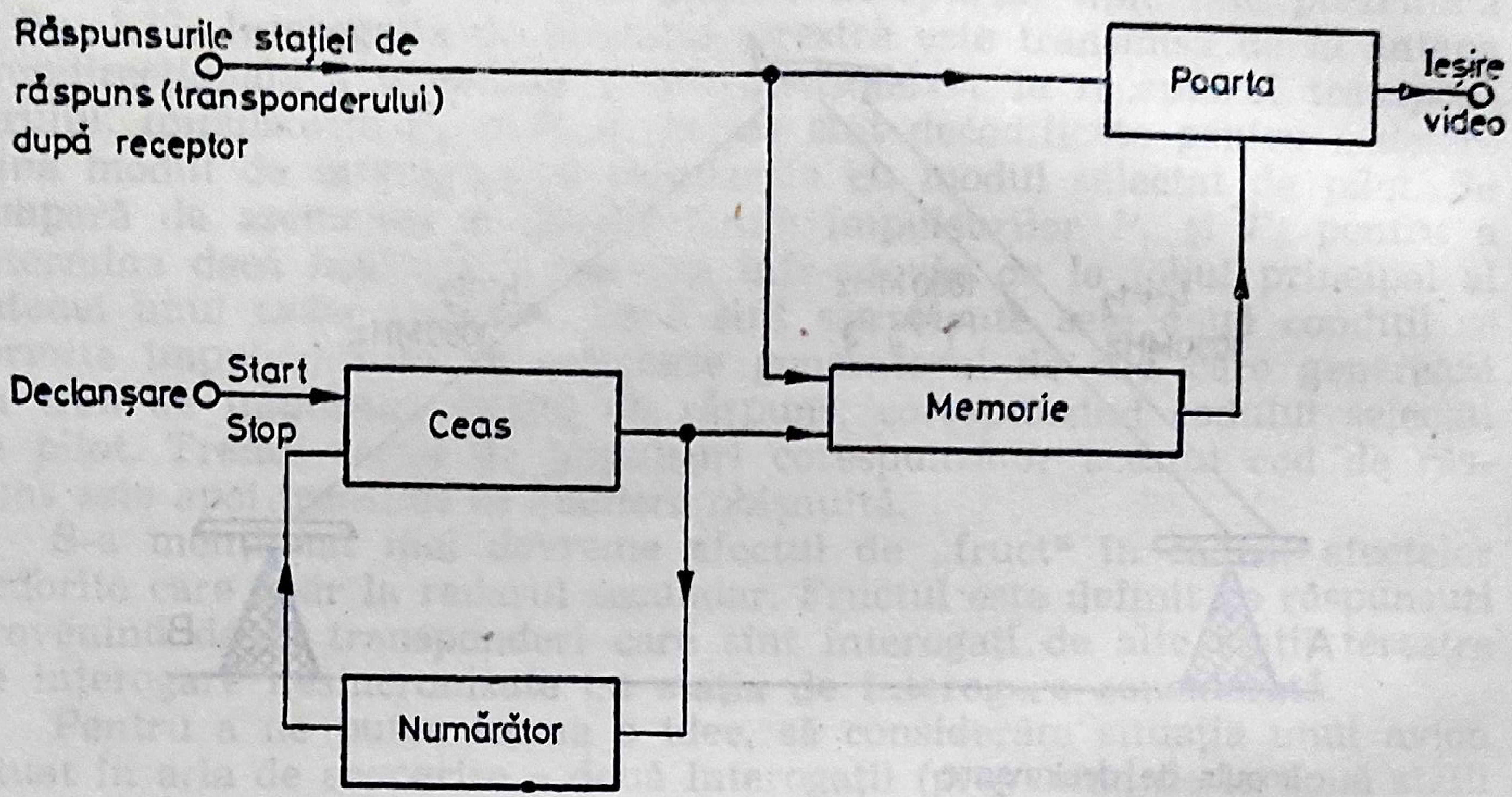


Fig. 1.13. Sistemul de „defructificare“ clasic.

Tehnicile de înlăturare a celorlalte efecte nedorite, cum ar fi codurile identice, şi secrete (garble) sînt descrise în capitolul 2 cînd este abordată problema decodificării şi prelucrării datelor radarului secundar.

Sonarul

Cele două sisteme de detecţie descrise pînă acum, radarul primar şi radarul secundar, au fost concepute, să opereze în spaţiu deschis, scopul lor iniţial fiind determinarea poziţiei ţintei. Se pune problemă similară, a determinării poziţiei unei ţinte, în mediul subacvatic, pentru a localiza poziţia unor corpuri subacvatice, a submarinelor, a bancurilor de peşti etc., punctul de observaţie fiind de cele mai multe ori o navă de suprafaţă. Tehnicile normale de radar, care se bazează pe propagarea undelor electromagnetice neputînd fi utilizate în mediul subacvatic, a fost dezvoltat un sistem care foloseşte fenomenul transmiterii şi recepţiei undelor sonore, prin mediul acvatic.

Sonarul, sau Asdic* cum era denumit iniţial, a apărut ca simplu dispozitiv de ascultare a sunetelor sub apă. În carena vasului era montat un microfon special, numit hidrofon, iar sunetele detectate erau amplificate şi transmise operatorului uman prin nişte căşti. Elicea unui submarin, învîrtindu-se, produce un sunet ritmic de frecvenţă joasă, care poate fi uşor auzit distingîndu-se de zgomotul valurilor.

Prin utilizarea cîtorva hidrofoare direcţionale, care puteau fi selectate de la un comutator, operatorul putea determina cu aproximaţie, azimutul submarinului relativ la poziţia vasului şi viteza submarinului în funcţie de frecvenţa semnalului. Această aplicaţie a sonarului care se mai utilizează încă este cunoscută sub numele de *sonar pasiv*.

Sonarul pasiv, cu toate că dă unele informaţii asupra azimutului ţintei subacvatice, nu pune la dispoziţie nici o informaţie privind distanţa, parametru tot atît de important în localizarea ţintei. Ca şi în sistemele radar, trebuie deci utilizată o tehnică de emisie, recepţie a ecoului şi măsurarea întîrzierii pentru a obţine informaţii privind distanţa. S-a dezvoltat astfel un sistem care emite trenuri de impulsuri de energie sonoră cu ajutorul unui difuzor de construcţie specială, sau un traductor electro-sonor, sistemul fiind cunoscut sub numele de *sonar activ*.

Prima aplicaţie a sonarului activ a fost pentru determinarea adîncimii, sistemul fiind în general utilizat pe toate tipurile de vase pentru a stabili adîncimea fundului mării faţă de partea inferioară a corpului vasului, şi de asemenea la stabilirea prezenţei şi a adîncimii unor bancuri de peşti.

La sistemele de măsurare a adîncimii, se montează un traductor omnidirecţional pe carena navei. Se transmite un singur impuls lung, în audiofrecvenţă, acesta se reflectă pe fund şi este recepţionat apoi prin hidrofon; de multe ori se utilizează chiar traductorul ca dispozitiv de recepţie.

Se măsoară apoi timpul scurs între momentul transmisiei şi recepţiei semnalului, timp care este funcţie de adîncimea fundului mării. Fenomenul utilizat este strict analog cu radarul primar. Totuşi, ordinele de mărime ale timpilor măsuraţi, sînt de cîteva ori mai mari deoarece viteza de propagare a sunetului în apă este mult mai mică decît viteza undelor electromagnetice în aer. Frecvenţa de transmisie utilizată în sonar este de obicei de 10 KHz şi lungimea impulsului de ordinul a 2 milisecunde. Viteza de propagare a sunetului prin apă este de 1 524 m/s.

---

* Asdic — anti submarin detector — detector anti submarine

Datorită densităţii mediului, pierderile cauzate de absorbţie sînt foarte mari în comparaţie cu radarul, prin urmare „bătaia“ (distanţa) maximă la care ne putem aştepta în cazul sonarului activ este de 7 408 m sau 4 mile marine; acest lucru se datoreşte atît pierderilor cît şi limitărilor tehnologice privind puterea maximă a transducătorului.

Practic în condiţii de lucru obişnuite, distanţa este de 4 562 m. Este de notat efectul condiţiilor climatice, atît asupra sonarului pasiv cît şi asupra sonarului activ. Precipitaţiile de ploaie influenţează radarul primar prin micşorarea distanţei şi creşterea nivelului de zgomot, în sistemele de recepţie. În mod asemănător, la sonar, furtuna şi valurile mari, cresc nivelul de zgomot în sistemele de recepţie, consecinţa imediată fiind reducerea performanţelor datorită raportului scăzut semnal/zgomot.

În descrierea sonarului pasiv, ne-am referit la recepţia direcţională selectivă.

Sistemul sonarului activ deschis pentru măsurarea adîncimii, utilizează un traductor omnidirecţional şi pune la dispoziţie date privind distanţa dar nici o informaţie de azimut.

Sistemele utilizate în marina militară combină caracteristicile celor două tipuri de sonar: activ şi pasiv. Impulsurile în audiofrecvenţă sînt emise omnidirecţional şi apoi, un set de traductoare direcţionale sînt activate selectiv pentru a asigura o selecţie selectivă.

În modul acesta sînt determinate distanţa şi azimutul aproximativ al ţintei, în acelaşi timp menţinîndu-se avantajele sonarului pasiv în ce priveşte recunoaşterea.

Diagrama bloc a unui sistem tipic de detecţie sonar este prezentată în fig. 1.14.

Sonarul activ este handicapat din cauza perturbaţiilor la fel ca şi radarul primar, perturbaţii putînd fi produse de epave, posturi de ancorare şi de limitele de separaţie dintre păturile de apă de temperaturi diferite. Astfel în sisteme de urmărire a ţintelor, de tipul submarinelor, este necesară adoptarea unor tehnici de selecţie a ţintelor mobile (s.t.m.). Datorită perioadelor lungi dintre două transmisii succesive, nu se poate utiliza tehnica liniilor de întîrziere pentru a memora datele recepţionate de la o transmisie în scopul corelării lor cu datele provenind de la transmisia următoare. Se face în schimb uz de fenomenul Doppler privind schimbarea frecvenţei. Cînd o ţintă statică reflectă un semnal transmis, unda reflectată are aceiaşi frecvenţă cu frecvenţa transmisă.

În timp ce, cînd o ţintă mobilă reflectă un semnal transmis, frecvenţa semnalului receptat este uşor deplasată faţă de frecvenţa emisă, datorită vitezei relative de deplasare dintre sursă şi ţintă. Diferenţa de frecvenţă este cunoscută sub numele de frecvenţă Doppler, şi se poate exprima astfel:

$$f = \alpha v F$$

unde:

v este viteza relativă a ţintei faţă de sursă;

F — frecvenţa transmisă.

Utilizînd o tehnică heterodină şi mixînd frecvenţa transmisă cu semnalul receptat se pot detecta semnalele Doppler care prelucrate dau distanţa şi azimutul ţintelor mobile, în timp ce semnalele recepţionate de la ţinte statice, fiind de bătaie zero, sînt ignorate. Evident, viteza ţintei poate apoi fi dedusă din frecvenţa Doppler.

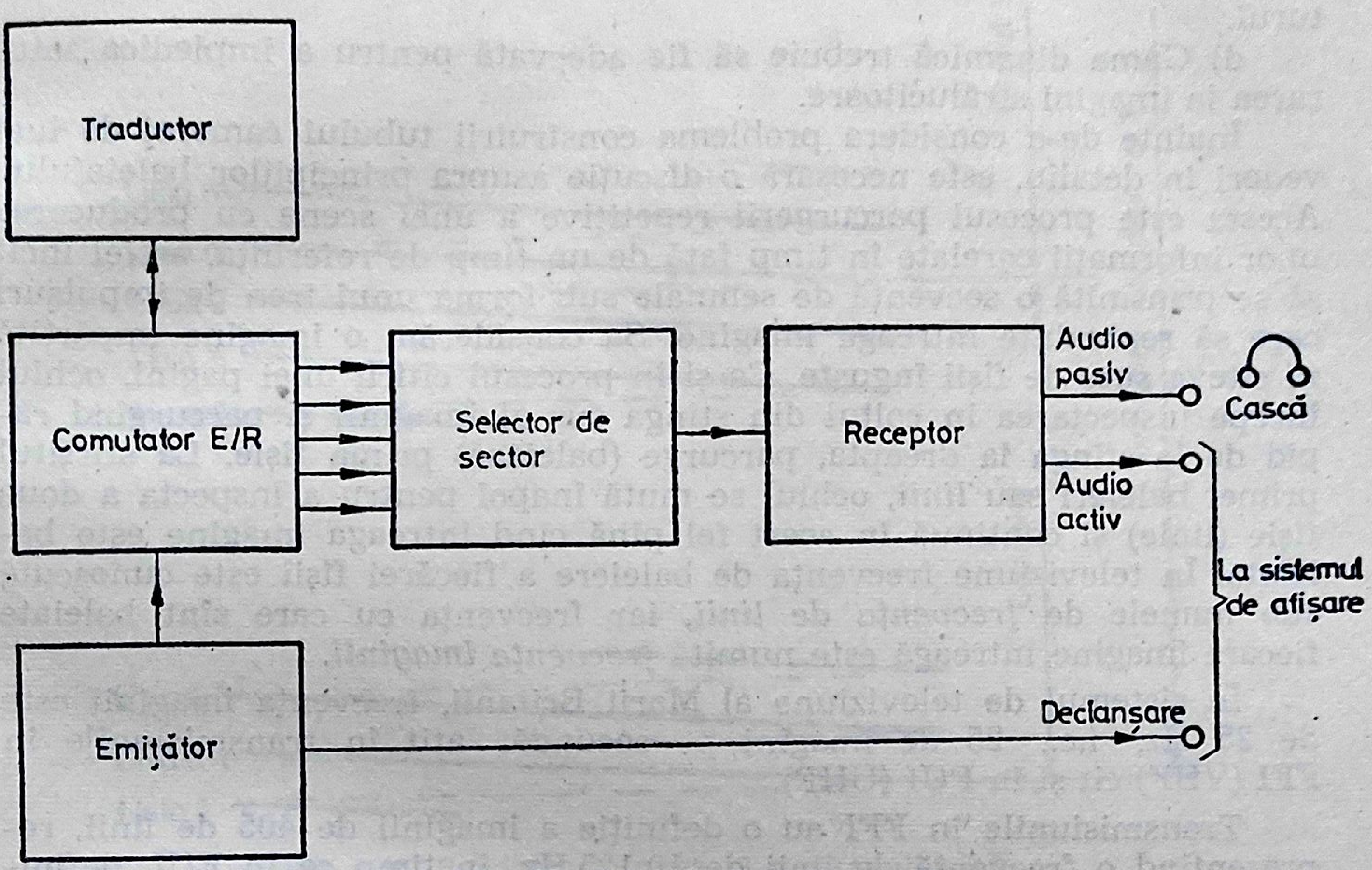


Fig. 1.14. Sistemul de detecţie sonar.

Televiziunea

Camera de televiziune este un exemplu de generator de date electronice, care converteşte imaginea luminoasă într-un şir de semnale analogice electronice, folosind tehnici opto-electronice.

Deşi televiziunea a folosit multe tehnici de-a lungul timpului, de la începuturile ei prin anii 36, pentru generarea unei imagini ca semnale video, două soluţii au fost acceptate în prezent ca standard în ceea ce priveşte construcţia tubului: (a) imaginea orticon şi (b) imaginea vidicon.

Indiferent de tipul tubului camerei de luat vederi utilizat, aceasta trebuie să întrunească cîteva trăsături caracteristice. Acestea se pot exprima astfel:

a) Sensibilitatea camerei de luat vederi trebuie să fie adecvată pentru a converti imaginile în semnale video care să fie apoi vizualizate şi percepute de către ochiul uman;

b) Electronic trebuie să păstreze strălucirea relativă între toate părţile imaginii de la negru la cenuşiu şi la alb, indiferent de nivelul de iluminare al mediului ambiant.

c) Răspunsul dinamic al camerei de luat vederi trebuie să fie suficient de rapid, în aşa fel încît obiectele în mişcare să nu-şi piardă conturul.

d) Gama dinamică trebuie să fie adecvată pentru a împiedica saturarea la imagini strălucitoare.

Înainte de-a considera problema construirii tubului camerei de luat vederi în detaliu, este necesară o discuţie asupra principiilor baleiajului. Acesta este procesul parcurgerii repetitive a unei scene cu producerea unor informaţii corelate în timp faţă de un timp de referinţă, astfel încît să se transmită o secvenţă de semnale sub forma unui tren de impulsuri care să reprezinte întreaga imagine. Să considerăm o imagine împărţită în cîteva sute de fîşii înguste. Ca şi în procesul citirii unei pagini, ochiul începe inspectarea în colţul din stînga sus al imaginii şi parcurgînd rapid de la stînga la dreapta, parcurge (baleiază) prima fîşie. La sfîrşitul primei baleieri sau *linii,* ochiul se mută înapoi pentru a inspecta a doua fîşie (linie) şi continuă în acest fel pînă cînd întreaga imagine este baleiată. În televiziune frecvenţa de baleiere a fiecărei fîşii este cunoscută sub numele de *frecvenţa de linii,* iar frecvenţa cu care sînt baleiate fiecare imagine întreagă este numită *frecvenţa imaginii.*

În sistemul de televiziune al Marii Britanii, frecvenţa imaginii este de 25 Hz, i.e., 25 de imagini pe secundă, atît în transmisiunile în FFI (VHF) cît şi în FUI (UHF).

Transmisiunile în FFI au o definiţie a imaginii de 405 de linii, reprezentînd o frecvenţă de linii de 10 125 Hz, în timp ce în FUI, definiţia imaginii este de 625 linii, ceea ce revine la o frecvenţă de linii de 15 625 Hz.

Pentru a face uz de remanenţa fiziologică a ochiului, numărul total de imagini transmise pe secundă nu trebuie să fie mai mic de 25 dacă dorim să eliminăm senzaţia de „pulsare“ a imaginii. În mod ideal, sînt de preferat 50 de imagini pe secundă, dar aceasta ridică probleme în ceea ce priveşte banda de transmisie. Totuşi acest deziderat poate fi realizat folosind o baleiere întreţesută.

Nu există nici o raţiune după care liniile imaginii ar trebui baleiate într-o anumită ordine, atît timp cît ordinea de baleiaj este păstrată la o eventuală asamblare a imaginii. Dacă în loc de o baleiere secvenţională linie cu linie sînt baleiate mai întîi liniile de număr par şi apoi liniile de număr impar o imagine completă va fi asamblată din două jumătăţi, aşa cum se poate vedea din fig. 1.15.

Cele două jumătăţi de imagine sînt numite *cadre.* La reproducere, ochiul va vedea pentru fiecare imagine cîte două cadre fără să poată face o distincţie netă între ele şi în acest fel percepe imaginea la o frecvenţă aparentă de imagini de 50 Hz, chiar dacă frecvenţa reală a imaginii

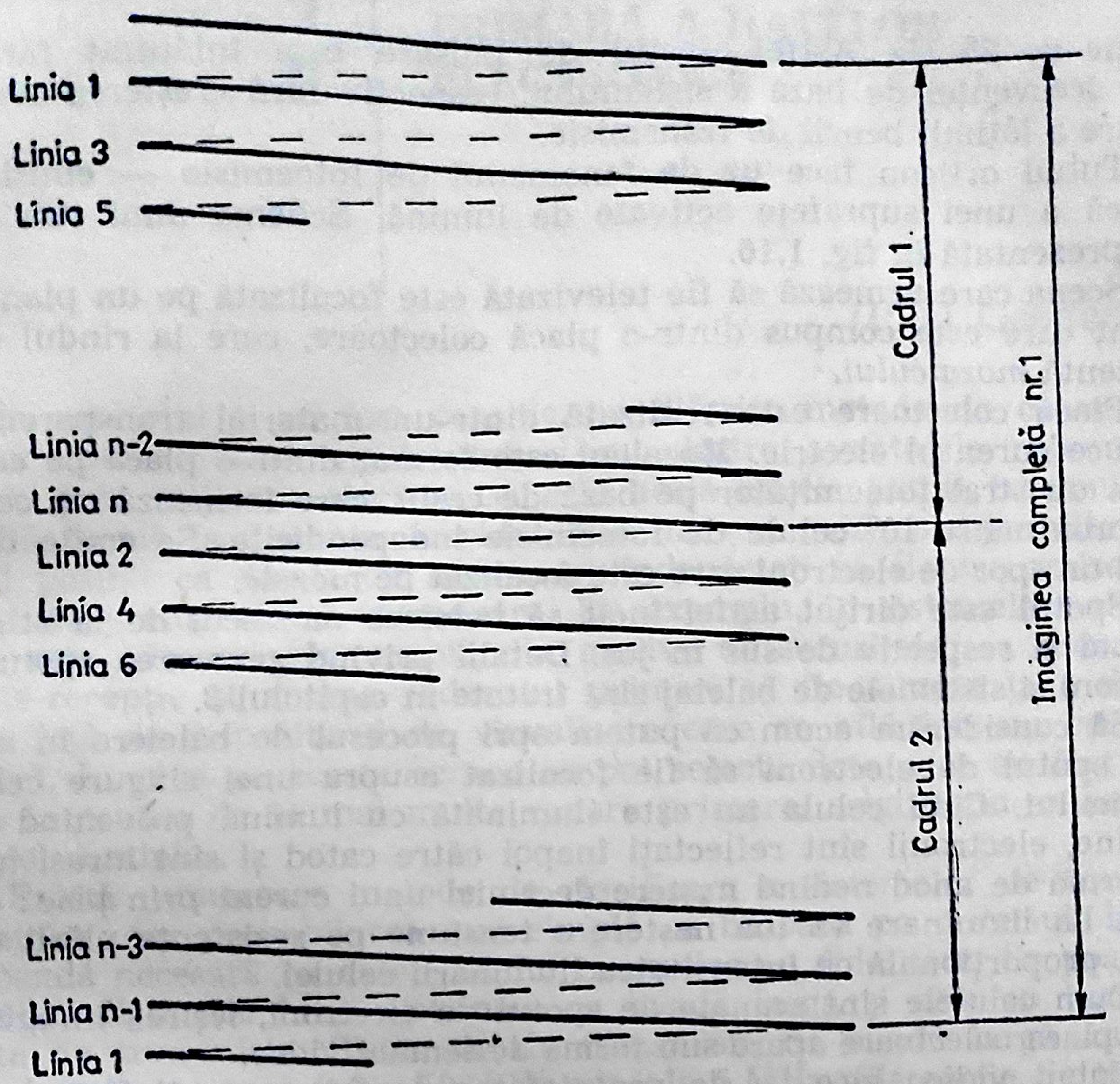

Linia 1
Linia 3
Linia 5
Linia n-2
Linia n
Linia 2
Linia 4
Linia 6
Linia n-3
Linia n-1
Linia 1
Cadrul 1.
Cadrul 2
Imaginea completă nr.1

Fig. 1.15. Baleierea întrețesută a ecranului T.V.

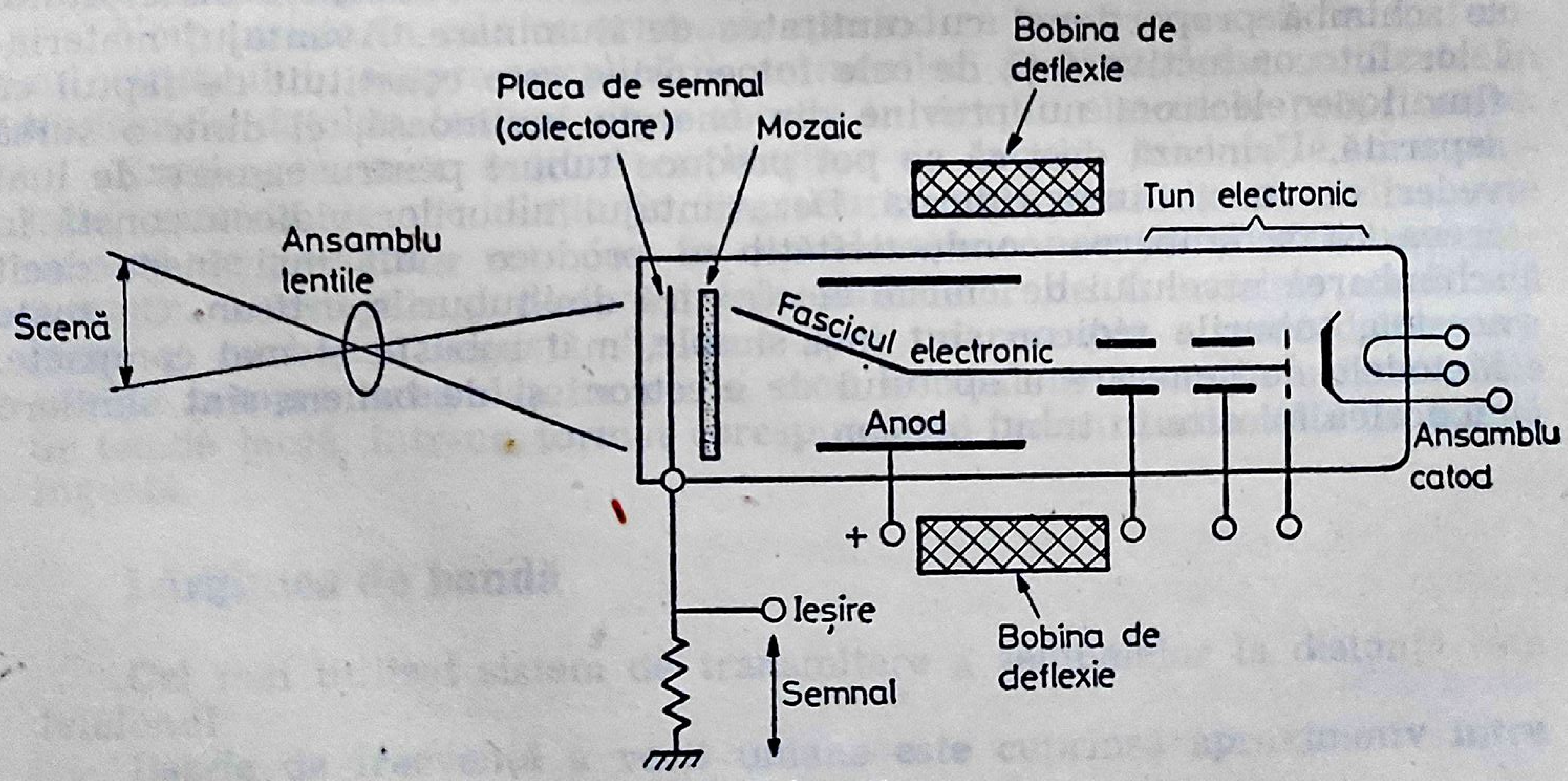

Bobina de deflexie
Placa de semnal (colectoare)
Mozaic
Tun electronic
Ansamblu lentile
Scenă
Fascicul electronic
Anod
+
Ansamblu catod
Ieșire
Semnal
Bobina de deflexie

Fig. 1.16. Tub orticon.

rămîne de 25 Hz. Astfel efectul de pulsare este înlăturat fără creşterea frecvenţei de bază a sistemului, respectiv fără creşterea corespunzătoare a lăţimii benzii de transmisie.

Tubul orticon face uz de fenomenul de fotoemisie — emisia electronică a unei suprafeţe activate de lumină. Schema unui tub orticon este prezentată în fig. 1.16.

Scena care urmează să fie televizată este focalizată pe un plan transparent care este compus dintr-o placă colectoare, care la rîndul ei este adiacentă *mozaicului*.

Placa colectoare este realizată dintr-un material transparent care conduce curentul electric. Mozaicul este format dintr-o placă pe care s-a depus un strat fotoemiţător pe bază de cesiu, care formează un complex de aproximativ 10^9 celule de fotoemisie independente. Se emite dinspre catod un spor de electroni care este focalizat pe mozaic.

Spotul este dirijat astfel încît să baleieze mozaicul de la stînga la dreapta şi respectiv de sus în jos. Detalii privind generarea spotului de electroni şi sistemele de baleiaj sînt tratate în capitolul 3.

Să considerăm acum că putem opri procesul de baleiere în aşa fel încît spotul de electroni să fie focalizat asupra unei singure celule a mozaicului. Cînd celula nu este iluminată cu lumină provenind de la imagine, electronii sînt reflectaţi înapoi către catod şi sînt atraşi în cele din urmă de anod nedînd naştere deci nici unui curent prin placa colectoare. La iluminare va lua naştere o tensiune pe rezistenţa plăcii colectoare, proporţională cu intensitatea iluminării celulei.

Cum celulele sînt scanate de spotul de electroni, ieşirea înregistrată de la placa colectoare apare sub formă de semnal video.

Tubul vidico face uz de proprietatea de fotoconductivitate a unor materiale de tipul sulfitului de cadmiu, în care rezistenţa materialului se schimbă proporţional cu cantitatea de iluminare. Avantajul materialelor fotoconductive faţă de cele fotoemisive este constituit de faptul că fluxul de electroni nu provine din energia luminoasă, ci dintr-o sursă separată. Urmează deci că se pot produce tuburi pentru camere de luat vederi cu sensibilitate ridicată. Dezavantajul tuburilor vidicon constă în aceea că schimbarea conductivităţii se produce mult mai încet decît schimbarea nivelului de emisie electronică din tuburile orticon. Cu toate acestea, tuburile vidicon sînt mai simple, mai robuste şi mai compacte. Metodele de generare a spotului de electroni şi de baliere sînt similare cu acelea folosite în tubul orticon.

2

TRANSMISIA ŞI PRELUCRAREA PRIMARĂ A DATELOR ELECTRONICE

(P. D. Goodenough)

În capitolul 1 au fost considerate diferite metode de convertire a datelor într-o formă electronică. Unul dintre avantajele reprezentării datelor prin mijloace electronice, este acela că ele pot fi transmise sub această formă la distanţe considerabile într-un mod corespunzător. Este astfel posibil ca datele de la sensori îndepărtaţi să fie transmise sistemelor de prelucrare şi vizualizare. De exemplu, în sistemele radar primare este adeseori convenabil, din motive de securitate, ca sistemul de emisie-recepţie şi antena radarului primar, să fie situate la o distanţă mare faţă de dispozitivul de vizualizare care se află într-un centru de control. În plus pe aceste ecrane se pot selecta date care au fost transmise la centru de la mai multe radare primare, asigurîndu-se astfel un control continuu.

Există numeroase metode de clasificare a sistemelor de transmisie a datelor, dar probabil cea mai simplă se bazează pe criteriul lărgimii de bandă necesară ca datele să fie transmise cu fidelitate. Se poate face astfel o distincţie între sistemele cu bandă largă şi cele cu bandă îngustă de transmisie. Sistemele de transmisie cu bandă largă au lărgimea benzii cuprinsă între 500 kHz pînă la 5 MHz. Sistemele de transmisie cu bandă îngustă au lărgimea benzii pînă la 15 kHz.

Vom insista în cele ce urmează, sperînd ca acest lucru să fie în folosul cititorului, asupra explicării termenilor şi metodelor utilizate în transmisia datelor, înainte de a aborda în detaliu sistemele propriu-zise.

Explicarea unor noţiuni ca lărgime de bandă, modulaţie, demodulaţie, metode de modulaţie în impulsuri, multiplexarea semnelor, este urmată de paragrafe care iau în consideraţie concepţia şi structura sistemelor, avantajele şi dezavantajele sistemelor de transmisie cu bandă largă şi cu bandă îngustă. Se face apoi un rezumat al metodelor care permit comprimarea datelor ce în mod normal ar necesita o transmisie de bandă largă, într-un format corespunzător pentru transmisia de bandă îngustă.

Lărgimea de bandă

Cel mai utilizat sistem de transmitere a semnalelor la distanţă este telefonul.

Banda de frecvenţă a vocii umane este cuprinsă aproximativ între 300 Hz şi 3 400 Hz.

Figura 2.1 reprezintă amplitudinea relativă a semnalului la un telefon obişnuit, în condiţiile unui nivel fix la intrare, în funcţie de frecvenţă. Se poate observa că în gama de frecvenţă a vorbirii umane, de la 300 Hz la 3 400 Hz, se poate recepţiona un semnal de amplitudine relativ constantă; totuşi, la 4 000 Hz, semnalul recepţionat este practic nul.

Dacă de exemplu, se încearcă să se transmită muzică printr-o linie telefonică rezultatele sînt foarte slabe deoarece frecvenţele joase şi înalte sînt tăiate datorită limitării benzii de frecvenţă de către sistemul de transmisie.

Se defineşte ca *lărgime de bandă* a sistemului de transmisie, intervalul de frecvenţă pentru care amplitudinea semnalului recepţionat nu este atenuat cu mai mult de 3 dB, ceea ce cu alte cuvinte, ar însemna o reducere cu 30% a semnalului recepţionat faţă de semnalul emis. În felul acesta, putem spune că lărgimea de bandă a sistemului telefonic este de 3 100 Hz.

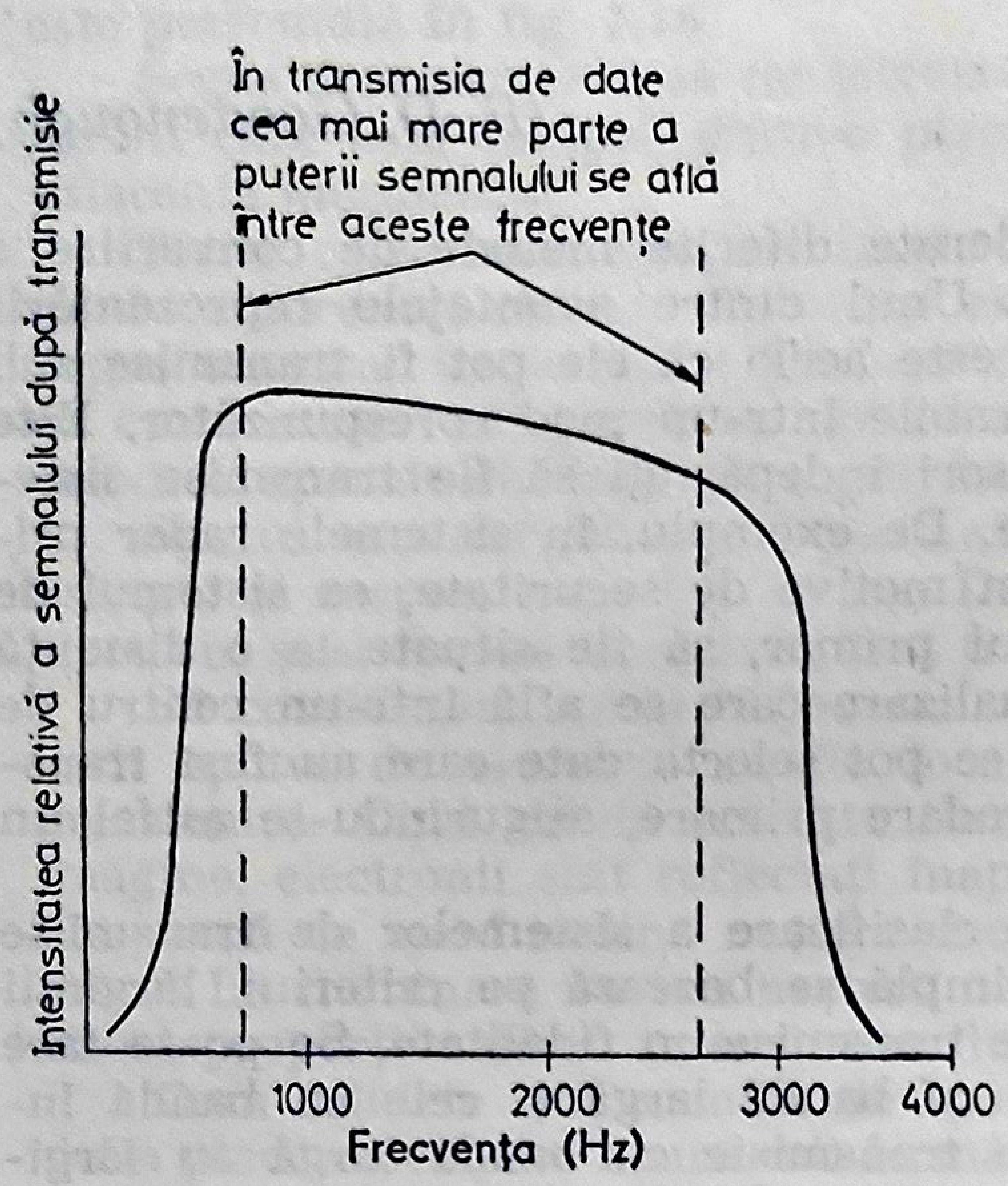


Fig. 2.1. Caracteristica amplitudine-frecvenţă a unei linii telefonice tipice.

Transmisia radio, modulată în amplitudine, AM, are o lărgime de bandă de 5 000 Hz, ceea ce permite transmiterea muzicii în condiţii satisfăcătoare de calitate, fără o prea mare *distorsiune de frecvenţă.* Dacă se doreşte o transmisie de înaltă fidelitate, este preferabilă o lărgime de bandă de 15 000 Hz, care să permită obţinerea unor frecvenţe joase pînă la 30 Hz şi a unor frecvenţe înalte de pînă la 15 kHz. Acest lucru se poate obţine printr-o transmisie *radio,* cu *modulaţie în frecvenţă,* FM.

Lărgimea de bandă defineşte intervalul de frecvenţă în care are loc transmisia, nedefinind în schimb frecvenţa propriu-zisă a transmisiei.

De exemplu, într-o transmisie radio FM, frecvenţa transmisă nu este de 15 kHz, ci de ordinul a 100 MHz, valoare aleasă pentru a satisface anumite cerinţe de transmisie ale mediului. Se utilizează în acest fel în transmisie, o frecvenţă înaltă care „transportă" frecvenţele joase.

În acest proces, cunoscut sub numele de *modulaţie,* frecvenţele joase sau frecvenţele audio, modulează frecvenţa purtătoare.

În transmisia datelor, cu cît lărgimea de bandă este mai mare, cu atît numărul de biţi care se pot transmite într-un interval de timp, este mai mare. Mai mult, pentru un mediu dat, nivelul de zgomot şi de distorsiuni este relativ constant şi deci odată cu creşterea lărgimii de bandă creşte şi probabilitatea transmisiei corecte, fără erori, la o viteză de transmisie dată.

Lărgime de bandă limitată

În orice sistem de transmisie trebuie luat în considerare efectul limitării lărgimii de bandă asupra caracteristicilor semnalului transmis. Limitarea lărgimii de bandă are un efect considerabil în domeniul transmisiei de date şi de aceea, problema care se pune în faţa proiectantului de sisteme de transmisie, este să obţină transferul unui număr maxim de biţi pe secundă, încadrîndu-se într-o lărgime de bandă dată, şi să folosească această lărgime de bandă astfel încît să obţină întotdeauna o identificare corectă a informaţiilor transmise, la punctul de recepţie.

Să considerăm transmisia unor date, formate din impulsuri dreptunghiulare, cu o frecvenţă de 2 000 Hz. Efectul limitării lărgimii benzii de transmisie în acest caz este expus în fig. 2.2.

La o lărgime de bandă de 500 Hz, ar fi imposibilă în punctul de recepţie recunoaşterea impulsurilor transmise. La 1 000 Hz, s-ar putea recunoaşte doar două impulsuri, fiind necesare dispozitive de recepţie foarte complicate pentru a reconstitui forma sau caracteristica adevărată a impulsurilor transmise. La 2 000 Hz, impulsurile devin identificabile, şi crescînd mai departe lărgimea benzii se îmbunătăţeşte şi calitatea transmisiei, impulsurile devenind utilizabile la o lărgime de bandă de 8 000 Hz, ceea ce corespunde de fapt cu frecvenţa celei de a patra armonici a impulsurilor transmise. Este de notat totuşi, că neluîndu-se în considerare efectul zgomotului sau al distorsiunilor, cum ar fi impulsurile parazite sau modificarea fronturilor impulsurilor, frecvenţa armonicii a opta este preferabilă în stabilirea lărgimii benzii de transmisie.

Modulaţia şi demodulaţia

S-a amintit mai înainte că procesul prin care se foloseşte o frecvenţă înaltă pentru a „transporta“ frecvenţele joase se numeşte modulaţie.

În mod similar, procesul prin care purtătoarea modulată este convertită pentru a reconstitui frecvenţele joase originale se numeşte demodulaţie.

Cînd se face uz de o undă sinusoidală ca purtătoare în procesul transmiterii unor date, această undă are trei parametri care pot fi utilizaţi în modulaţie. Aceştia sînt: amplitudinea, frecvenţa şi faza. Decurge din cele de mai sus că există în principiu trei tipuri de modulaţie şi anume: modulaţia în amplitudine AM, modulaţia în frecvenţă FM şi modulaţia de fază.

Este de notat că pe lîngă modulaţia în amplitudine şi în frecvenţă, modulaţia de fază se răspîndeşte tot mai mult în transmisiile de date numerice. În exemplul din fig. 2.3 se poate vedea o frecvenţă sinusoidală modulată de un tren de impulsuri după cele trei metode descrise mai înainte.

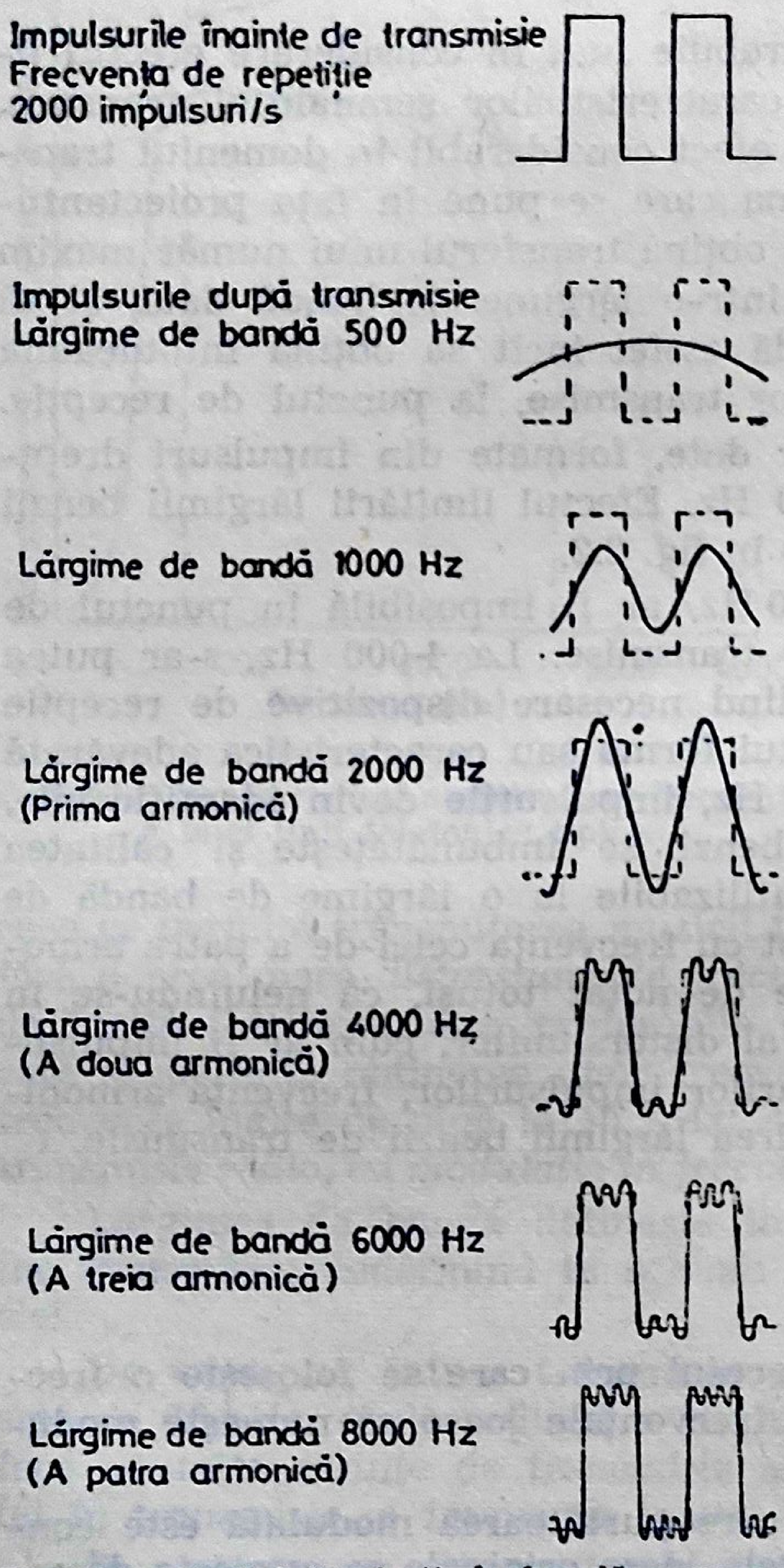

Impulsurile înainte de transmisie
Frecvenţa de repetiţie
2000 impulsuri/s
Impulsurile după transmisie
Lărgime de bandă 500 Hz
Lărgime de bandă 1000 Hz
Lărgime de bandă 2000 Hz
(Prima armonică)
Lărgime de bandă 4000 Hz
(A doua armonică)
Lărgime de bandă 6000 Hz
(A treia armonică)
Lărgime de bandă 8000 Hz
(A patra armonică)

Fig. 2.2. Efectul lărgimii de bandă asupra transmisiei de impulsuri.

În modulaţia de amplitudine, amplitudinea undei purtătoare este variată în concordanţă cu semnalul ce urmează să fie transmis. În forma cea mai simplă, purtătoarea este comutată între două stări pentru a transmite date ce ar reprezenta „0" sau „1" sau în cazul transmiterii unui semnal analogic, amplitudinea purtătoarei este variată în concordanţă cu forma undei modulatoare. Semnalul care urmează să fie transmis este multiplicat de unda purtătoare, iar semnalul modulat se va compune în final, din purtătoarea originală plus *două benzi laterale*, una superioară iar alta inferioară purtătoarei.

Dacă semnalul modulator este complex şi se compune dintr-o combinaţie de oscilaţii sinusoidale, cum ar fi de exemplu vocea umană, atunci în cele două benzi laterale, cea superioară şi cea inferioară, va apărea un spectru egal de frecvenţă.

Dacă considerăm, de exemplu, o purtătoare de 100 kHz modulată de vorbire, care se întinde de obicei într-o bandă de la 300 Hz la 3 000 Hz, semnalul modulat va avea în componenţă o bandă laterală superioară cuprinsă între 100,3 kHz şi 103 kHz şi o bandă laterală inferioară cuprinsă între 97 kHz şi 99,7 kHz.

Procesul extragerii semnalului original din unda modulată se numeşte *demodulare* sau *detecţie*. În cazul modulaţiei în amplitudine sînt cunoscute două mijloace de detecţie, (a) detecţie sincronă întîlnită uneori şi sub numele de detecţie coerentă sau homodină, şi (b) detecţia înfăşurătoarei.

Detecţia sincronă presupune existenţa la recepţie a unei frecvenţe egale cu frecvenţa purtătoarei şi în fază cu ea. Unda purtătoare modulată este multiplicată cu frecvenţa de care am vorbit mai înainte şi semnalul modulator se poate extrage folosind un sistem de filtre „trece — jos". Semnalul obţinut dintr-un detector sincron reprezintă o aproximare apropiată a semnalului original; în cazul transmisiei de date numerice se folosesc uneori circuite adiţionale care reconstituie forma originală (dreptunghiulară) a impulsurilor. Pentru a putea produce la recepţie o frecvenţă identică şi în fază cu frecvenţa purtătoare, e normal ca sem-

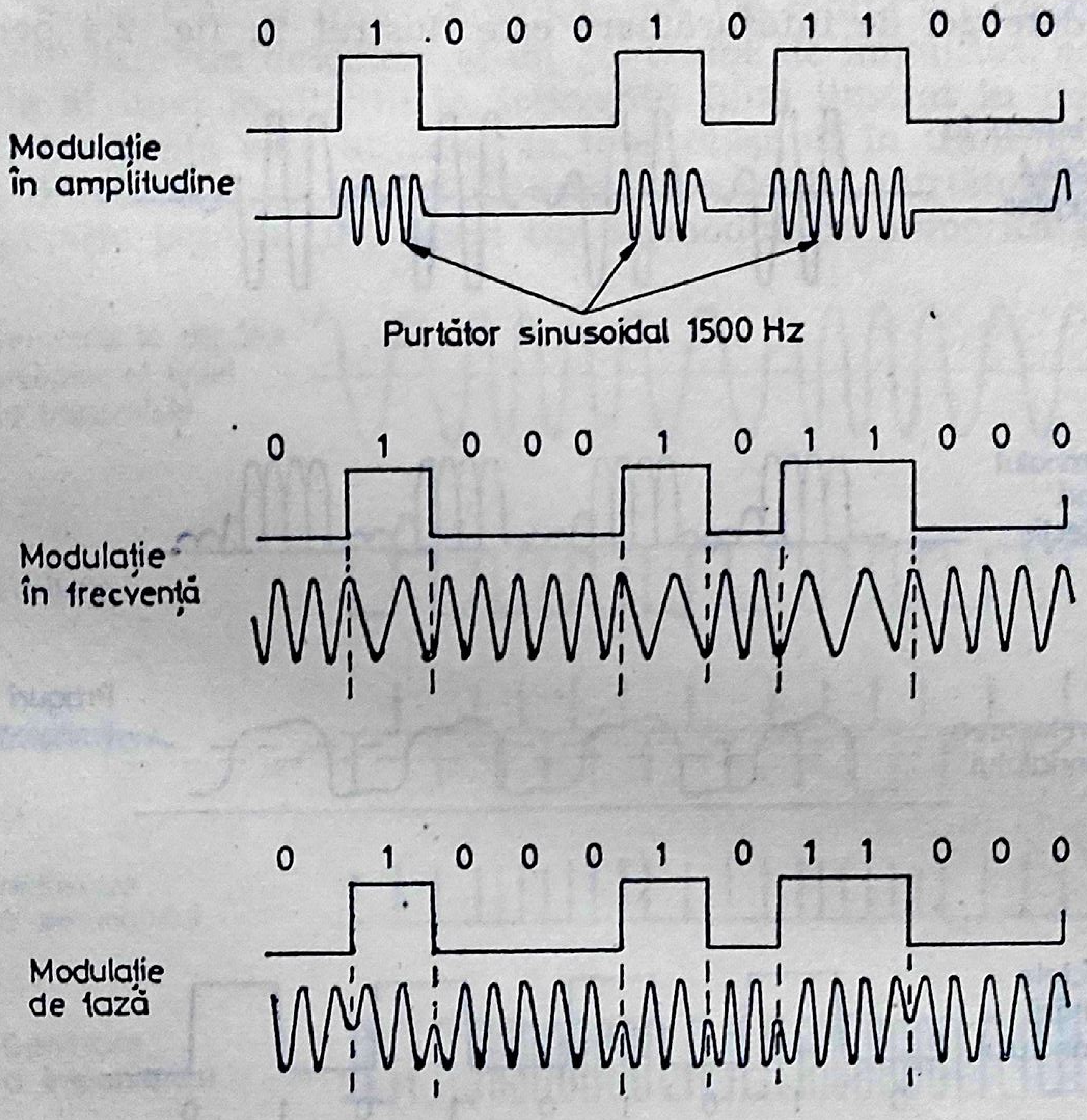

0 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0
Modulaţie în amplitudine
Purtător sinusoidal 1500 Hz
0 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0
Modulaţie în frecvenţă
0 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0
Modulaţie de fază

Fig. 2.3. Trei metode de modulare a unei frecvenţe purtătoare sinusoidale.

nalul modulat să conţină anumite informaţii despre purtătoare. În acest caz împreună cu benzile laterale se transmite semnalul purtător la un nivel redus, acesta fiind suficient pentru a servi ca referinţă.

Detecţia înfăşurătoarei este mai puţin complexă decît detecţia sincronă, ea constînd dintr-o redresare şi o eşantionare a semnalului modulat pentru a obţine înfăşurătoarea, aceasta fiind desigur aproximativ asemănătoare cu semnalul modulator original.

Desigur, în acest caz nu mai avem de-aface cu generarea la recepţie a unei copii fidele a purtătoarei, dar implică transmiterea ambelor benzi laterale împreună cu purtătoarea avînd amplitudinea întreagă. Procesul detecţiei de înfăşurătoare este ilustrat în fig. 2.4 pentru cazul transmisiei de date numerice. Se prezintă în figură şi forma finală a semnalului detectat cu un astfel de sistem după reconstituirea formei impulsului.

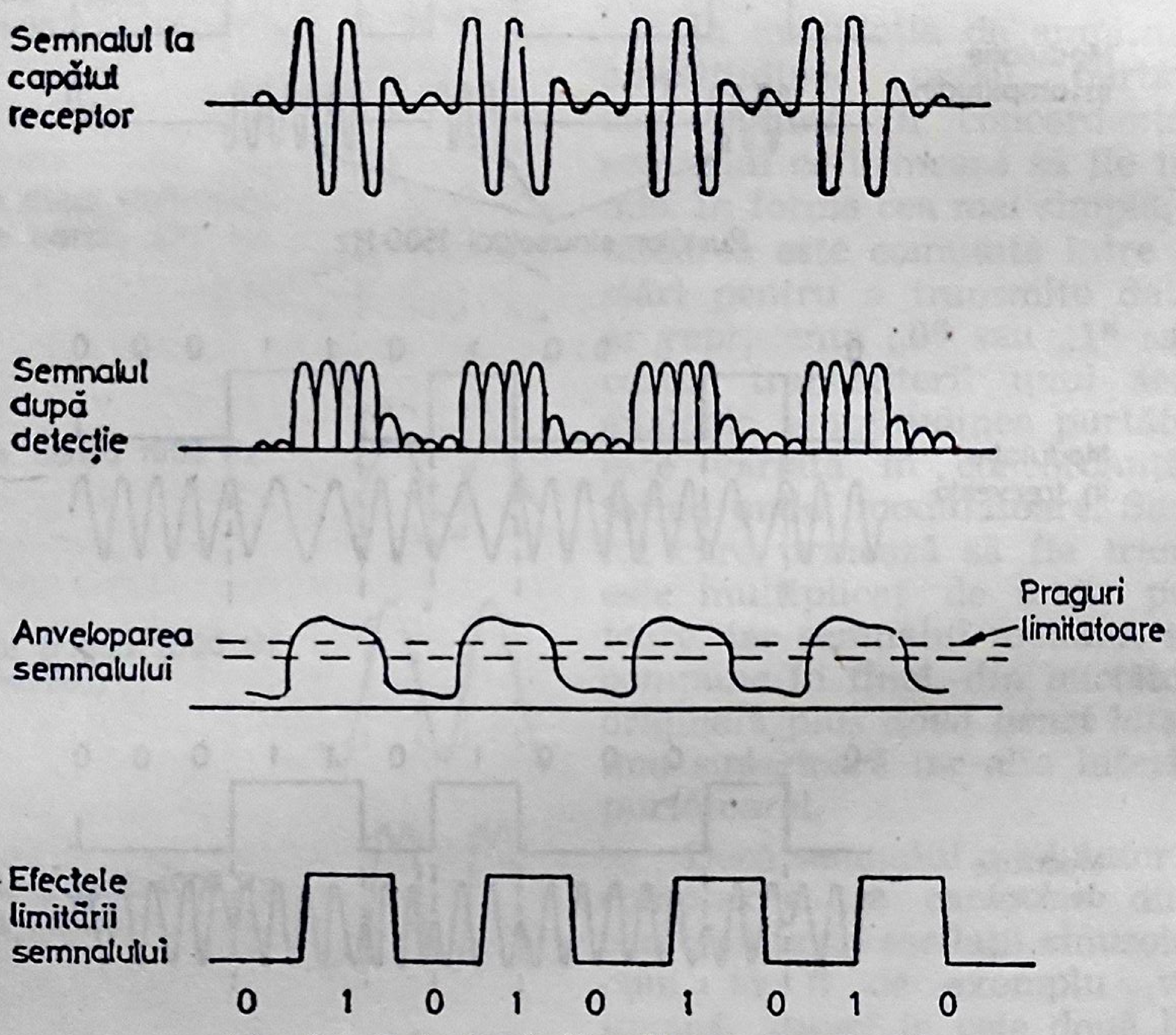


Fig. 2.4. Detecţia înfăşurătoare (anvelopă).

Modulaţia în frecvenţă s-a dezvoltat mai tîrziu decît modulaţia în amplitudine şi are avantajul obţinerii unor performanţe mai bune în condiţii de zgomot şi de schimbări de amplitudine, deoarece semnalul este transmis cu amplitudine constantă. Totuşi modulaţia în frecvenţă, cere o lărgime de bandă mai mare; practic frecvenţa purtătoarei este modificată proporţional cu amplitudinea semnalului modulator, variaţia frecvenţei purtătoarei datorită modulaţiei fiind cunoscută sub numele de *deviaţia de frecvenţă*. Raportul dintre deviaţia de frecvenţă şi frecvenţa semnalului modulator este cunoscut sub numele de *index de modulaţie*.

Pentru a detecta un semnal modulat în frecvenţă, este nevoie mai întîi de un dispozitiv de limitare a amplitudinii, chemat să înlăture variaţiile în amplitudine ale semnalului recepţionat, variaţii care ar apare eventual în urma transmisiei. Acesta este urmat de un *discriminator* care converteşte variaţiile de frecvenţă în variaţii de amplitudine, în felul acesta reconstituind unda modulatoare. De multe ori discriminatorul este compus dintr-un detector şi un generator de impulsuri, acest proces de detecţie al unei modulaţii în frecvenţă fiind ilustrat în fig. 2.5. Modulaţia în frecvenţă este utilizată în mod obişnuit în transmisia de date numerice dîndu-se două valori distincte frecvenţei purtătoare, una pentru „1“ iar alta pentru „0“. Acest tip de modulaţie numerică şi transmi-

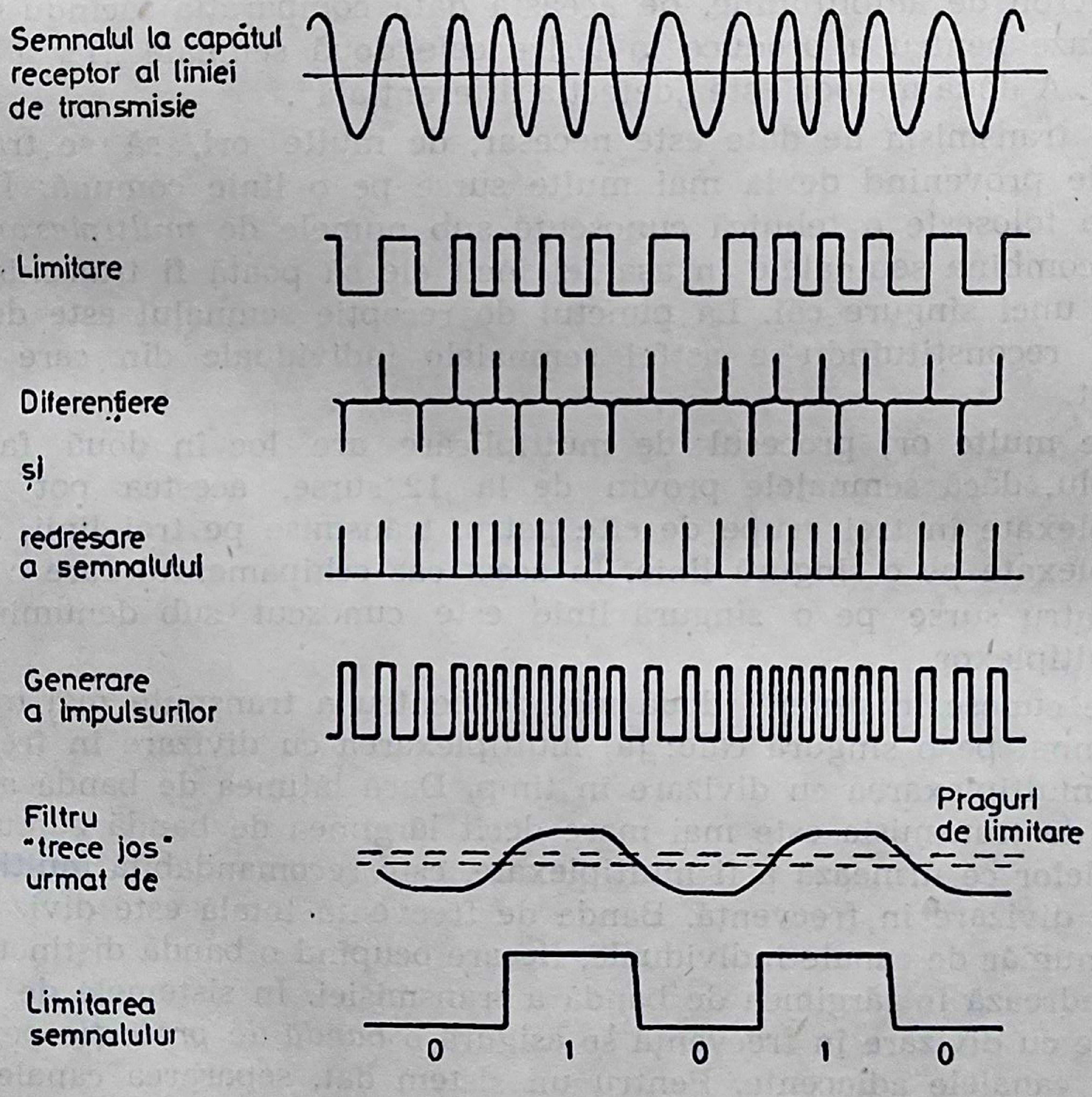

Semnalul la capătul receptor al liniei de transmisie
Limitare
Diferenţiere
şi
redresare a semnalului
Generare a impulsurilor
Filtru "trece jos" urmat de
Praguri de limitare
Limitarea semnalului
0
1
0
1
0

Fig. 2.5. Detecţia în modularea în frecvenţă.

sie se întîlneşte adesea sub numele generic de FSK reprezentînd abrevierea cuvintelor: *frequency shift keying* (introducere cu deplasare de frecvenţă).

O alternativă la procesul modulaţiei în amplitudine şi în frecvenţă, este modulaţia de fază, în care faza purtătoarei este variată în raport cu semnalul transmis, păstrîndu-se constantă amplitudinea. În practică, nu se pot detecta totuşi variaţii mici de fază, această metodă de modulaţie limitîndu-se de aceea la transmisia datelor numerice. În acest caz se foloseşte o schimbare de 180° a fazei purtătoare pentru a reprezenta „1" sau „0". Mai pot fi utilizate schimbări de ±90° ale fazei pentru a codifica cele două stări binare. În general, modulaţia de fază, are nevoie de o lărgime de bandă mai mică decît modulaţia de frecvenţă şi din această cauză este de multe ori preferată în transmisiuni de date.

În prezent sînt cunoscute două metode de detectare a unui semnal modulat în fază, primul fiind „detecţia cu referinţă fixă", în care semnalul purtător trebuie reintrodus în demodulator la fel ca la demodulatorul sincron de amplitudine, de această dată comparaţia făcîndu-se între două faze pentru a produce la ieşire cele două semnale „1" şi respectiv „0". A doua metodă este „detecţia diferenţială".

În transmisia de date este necesar, de multe ori, să se transmită semnale provenind de la mai multe surse pe o linie comună. În acest sens se foloseşte o tehnică cunoscută sub numele de *multiplexare* pentru a combina semnalele în aşa fel încît ele să poată fi transmise de-a lungul unei singure căi. La punctul de recepţie semnalul este demultiplexat, reconstituindu-se astfel semnalele individuale din care a fost alcătuit.

De multe ori procesul de multiplicare are loc în două faze, de exemplu, dacă semnalele provin de la 12 surse, acestea pot fi întîi multiplexate în trei grupe de cîte patru, transmise pe trei linii, şi apoi multiplexate pe o singură linie. În acest caz echipamentul care combină cele patru surse pe o singură linie este cunoscut sub denumirea de submultiplexor.

Se cunosc în general două metode pentru a transmite mai mult de un semnal pe o singură cale: (a) multiplexarea cu divizare în frecvenţă şi (b) multiplexarea cu divizare în timp. Dacă lăţimea de bandă a sistemului de transmisie este mai mare decît lărgimea de bandă cumulată a semnalelor ce urmează a fi multiplexate, este recomandabilă multiplexarea cu divizare în frecvenţă. Banda de frecvenţă totală este divizată într-un număr de canale individuale, fiecare ocupînd o bandă distinctă care se încadrează în lărgimea de bandă a transmisiei. În sistemele de multiplexare cu divizare în frecvenţă se asigură o *bandă de protecţie* pentru a separa canalele adiacente. Pentru un sistem dat, separarea canalelor în banda de transmisie se realizează prin filtre trece bandă acordate, fiecare avînd de exemplu o lărgime de bandă de 4 kHz, dar acordate pe frecvențe diferite.

Figura 2.6. ilustrează caracteristica unui asemenea filtru iar în fig. 2.7. se arată efectul cumulativ al cîtorva filtre de acest tip în cadrul unei transmisii avînd bandă de frecvență dată. Din fig. 2.7. se observă că, deoarece porțiunile laterale ale caracteristicii filtrului nu sînt verticale, ci au o pantă finită, ele se suprapun la aproximativ — 20 dB sub nivelul frecvențelor transmise. Este deci evident că trebuie evitată transmisia oricărui semnal în banda de frecvențe unde este posibilă ambiguitatea, cunoscută și sub numele de *diafonie*. Această bandă se numește *bandă de protecție*. Benzile de protecție fac ca lărgimea de bandă utilă să fie mai mică decît lărgimea de bandă

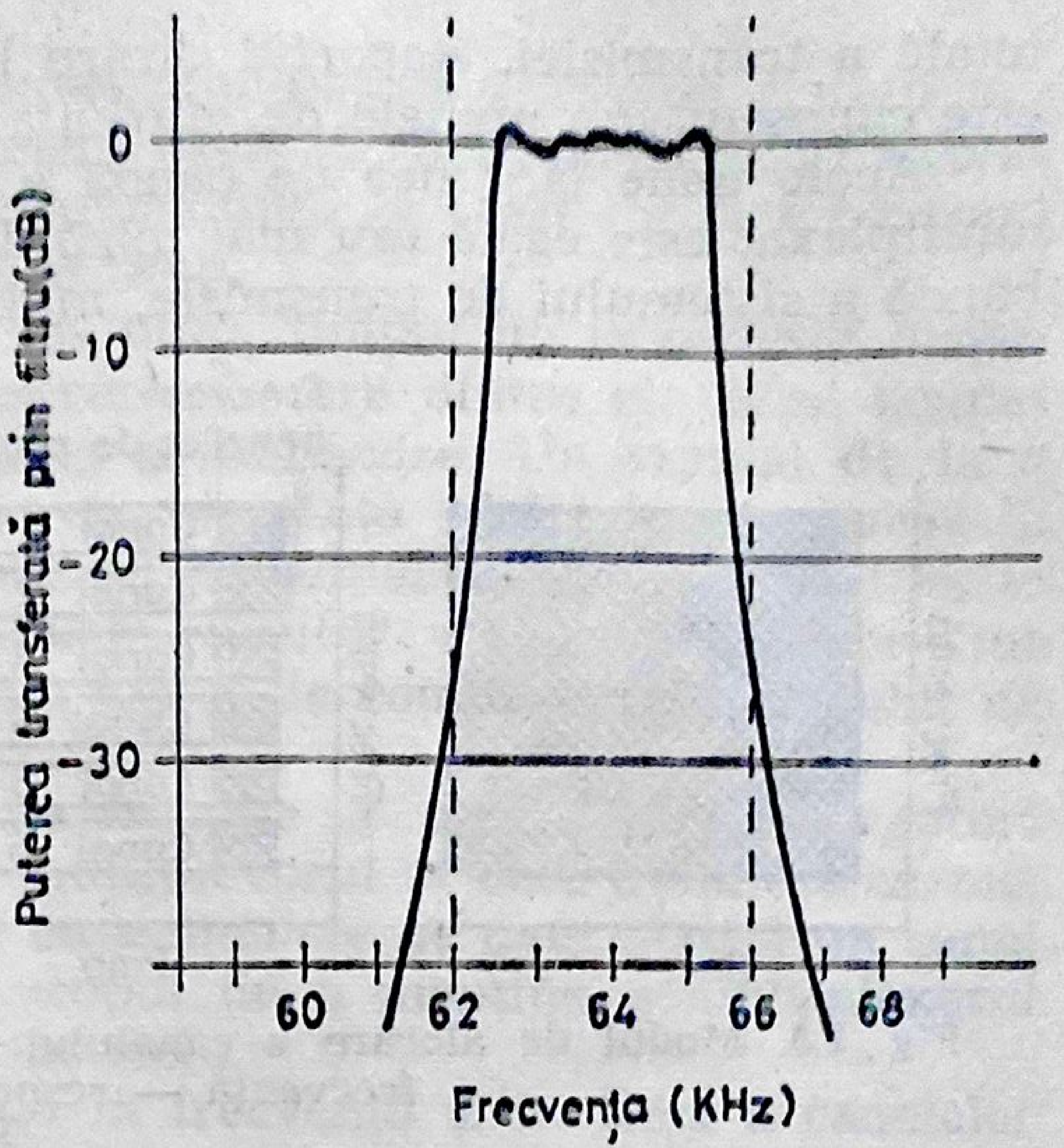


Fig. 2.6. Caracteristica unui filtru avînd banda de trecere de 4 kHz.

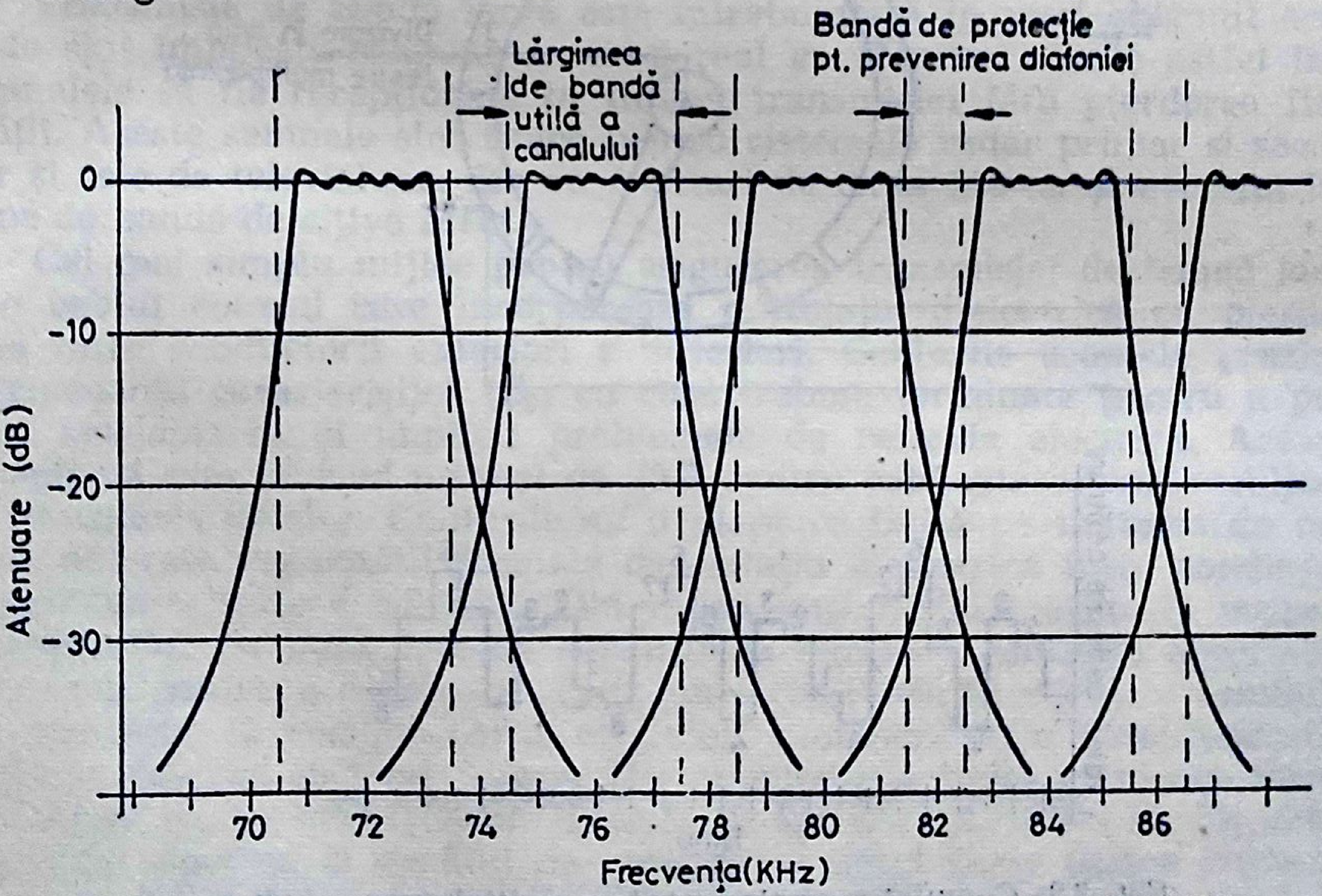


Fig. 2.7. Caracteristicile transmisiei multicanal utilizînd filtre de 4 kHz.

totală a transmisiei. Raportul dintre banda utilă şi banda de transmisie este cunoscut sub numele de eficienţa în frecvenţă a sistemului.

Acolo unde lărgimea de bandă a fiecărui semnal ce urmează să fie multiplexat este egală sau mai mică dar foarte apropiată de lărgimea de bandă a sistemului de transmisie, multiplexarea cu divizare de frecvenţă

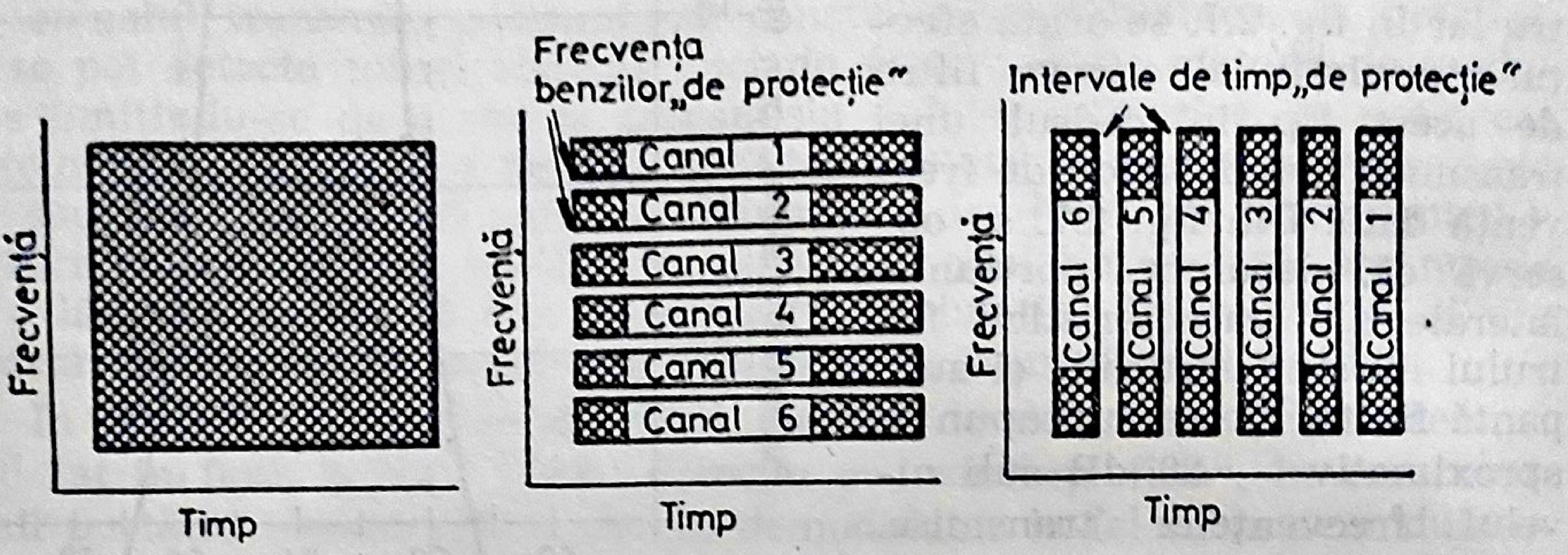

Frecvenţa benzilor „de protecţie"
Intervale de timp „de protecţie"
Frecvenţă
Timp
Frecvenţă
Canal 1
Canal 2
Canal 3
Canal 4
Canal 5
Canal 6
Timp
Frecvenţă
Canal 6
Canal 5
Canal 4
Canal 3
Canal 2
Canal 1
Timp

Fig. 2.8. Modul de alocare a canalului pentru multiplexare cu divizare în frecvenţă — respectiv în timp.

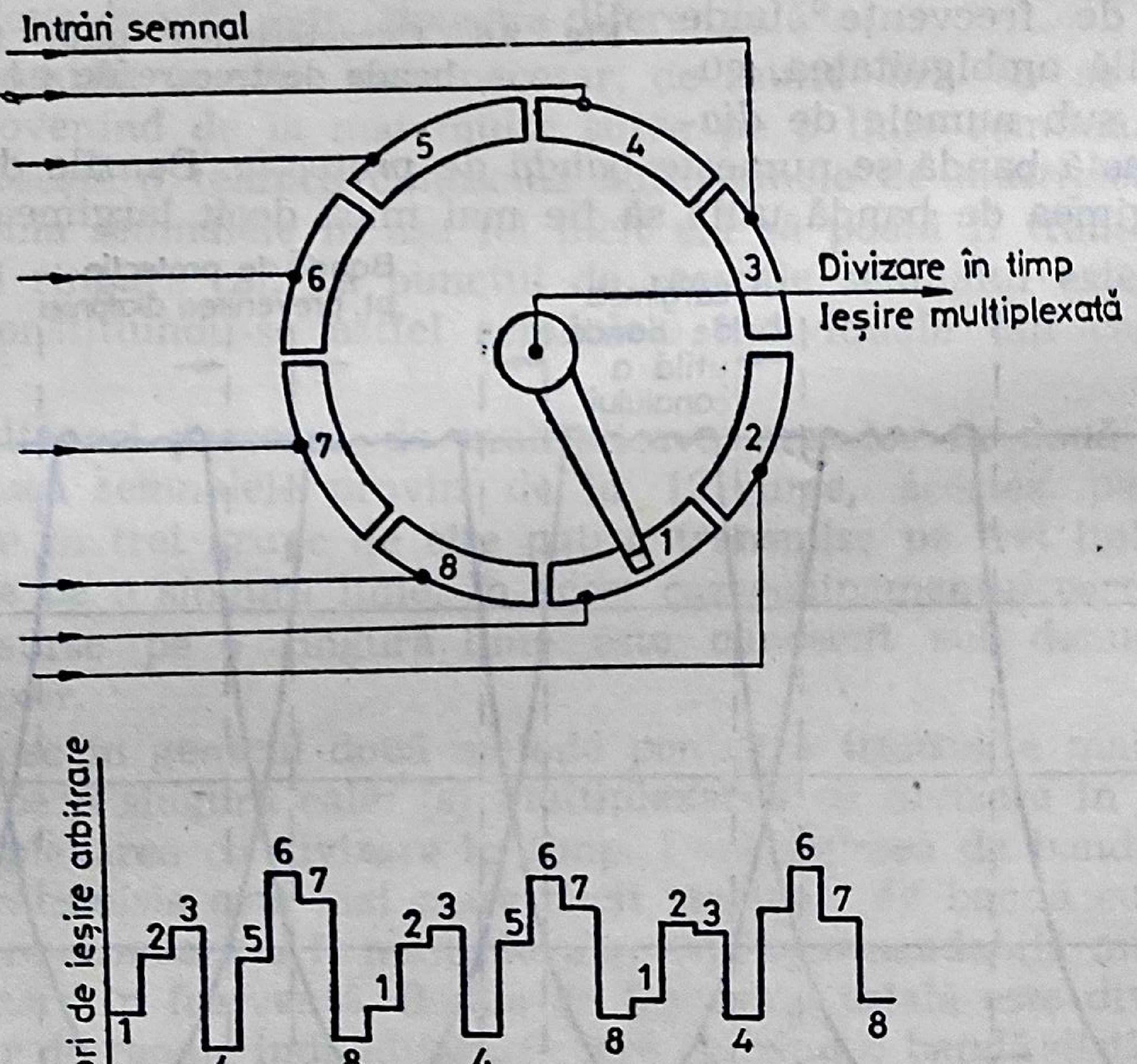

Intrări semnal
1
2
3
4
5
6
7
8
Divizare în timp
Ieşire multiplexată
Valori de ieşire arbitrare
Timp

Fig. 2.9. Comutator analog pentru multiplexare cu divizare în timp.

nu poate fi utilizată deoarece lărgimea cumulativă de bandă a unui număr de canale va fi cu mult mai mare decît lărgimea de bandă disponibilă şi se va produce distorsionarea semnalului. În acest caz este necesară utilizarea multiplexării cu diviziune în timp.

În multiplexarea cu diviziune în timp, timpul de transmisie disponibil este împărţit în segmente discrete, fiecare dintre ele fiind ocupat de unul din semnalele ce urmează a fi transmise. Un semnal de la o singură sursă ocupă întreaga bandă de frecvenţă a căii de transmisie la un moment dat, multiplexorul selectînd secvenţial semnale de la diferite surse. În principiu acest fenomen este similar cu un comutator, iar fig. 2.8. ilustrează în mod simplu un astfel de comutator şi semnalul de ieşire rezultant.

Demultiplexorul de la staţia de recepţie a unei astfel de legături trebuie să fie sincronizat exact cu multiplexorul şi deci trebuie transmis şi un semnal de sincronizare odată cu semnalele de date. Astfel un canal separat va fi adeseori utilizat în scopul de a menţine demultiplexorul sincronizat cu multiplexorul, odată pe ciclu.

Figura 2.9. ilustrează distribuţia în frecvenţă şi în timp a canalelor pentru cele două sisteme de multiplexare.

Transmisia de bandă largă

Transmisia de bandă largă este întrebuinţată în mod obişnuit acolo unde sînt implicate semnale în timp real cu fronturi scurte astfel încît semnalele să fie recepţionate în timpul transmisiei fără pierderea fidelităţii. Aceste semnale sînt tipice pentru sistemele radar primar şi secundar şi cele de televiziune. Ele au fronturi de circa 100 ns şi necesită lărgime de bandă de cîţiva MHz.

Cel mai simplu mijloc pentru asigurarea transmisiei de bandă largă este cablul coaxial care încorporează o izolaţie dielectrică cu pierderi mici între conductorii exteriori şi interiori. Cablurile coaxiale prezintă o impedanţă caracteristică (Z_0) cu care trebuie terminate pentru a preveni neadaptarea şi implicit problemele de reflexie electrică. Această impedanţă este în mod normal de 75Ω pentru cablurile coaxiale utilizate în transmisia datelor. Cablurile au o pierdere finită pe unitatea de lungime datorată capacităţii formate de izolaţia dielectrică între conductori şi rezistenţei serie a cablului. Din cauza impedanţei scăzute la ieşire şi a pierderilor pe linie, trebuie generată la emisie o cantitate apreciabilă de curent pentru a asigura recepţia unei copii relativ exacte a semnalului transmis, la celălalt capăt al liniei. Caracteristicile amplificatorilor de linie, produşi în mod curent, fac ca lungimea liniei între doi amplificatori să fie în mod normal limitată la aproximativ 1800 m. De aceea pot fi încorporate la capătul de recepţie al liniei filtre pasive trece-sus pentru a îmbunătăţi şi a reconstitui caracteristicile semnalelor dacă ele au fost distorsionate. Cînd e nevoie să se transmită la distanţe mai mari de 1800 m, se folosesc repetori pe linie şi în circuitele de recepţie precum şi amplificatori de emisie în linie la punctul de emisie.

Datorită particularităţilor constructive şi greutăţii lor, cablurile coaxiale nu pot fi folosite în reţele montate pe stîlpi ca în cazul liniilor telefonice aeriene, ele trebuind să fie îngropate. Această soluţie poate fi economică pentru distanţe scurte spre exemplu în cazul liniei care leagă sistemul de antene ale unui radar cu dispozitivul de afişaj din turnul de control al unui aeroport. Pentru distanţe lungi, de ordinul km, operaţia de îngropare în pămînt poate deveni foarte costisitoare mai ales în zonele stîncoase unde eventual terenul trebuie degajat prin dinamitare; trebuie deci considerate alte metode de transmisie mai economice şi mai eficiente.

O astfel de metodă utilizează legături radio cu microunde. Este vorba de un emiţător cu o antenă parabolică direcţională cu cîştig mare în punctul de emisie şi o antenă de construcţie asemănătoare împreună cu un receptor în punctul de recepţie. Frecvenţele utilizate în mod normal în astfel de transmisii sînt în jur de 7000 MHz. Raţiunea pentru care avem de-a face cu o frecvenţă purtătoare atît de înaltă este aceea că aceste frecvenţe permit utilizarea unei subpurtătoare de aproximativ 5 MHz pe care se pot multiplexa semnale video. Pe frecvenţa purtătoare principală sînt multiplexate direct alte semnale cu lărgime de bandă îngustă cum ar fi informaţii de azimut, semnale pentru transmiterea stării unor echipamente, semnale de control etc. Figura 2.10 prezintă spectrul de radiofrecvenţă a unei legături tipice de bandă largă cu microunde.

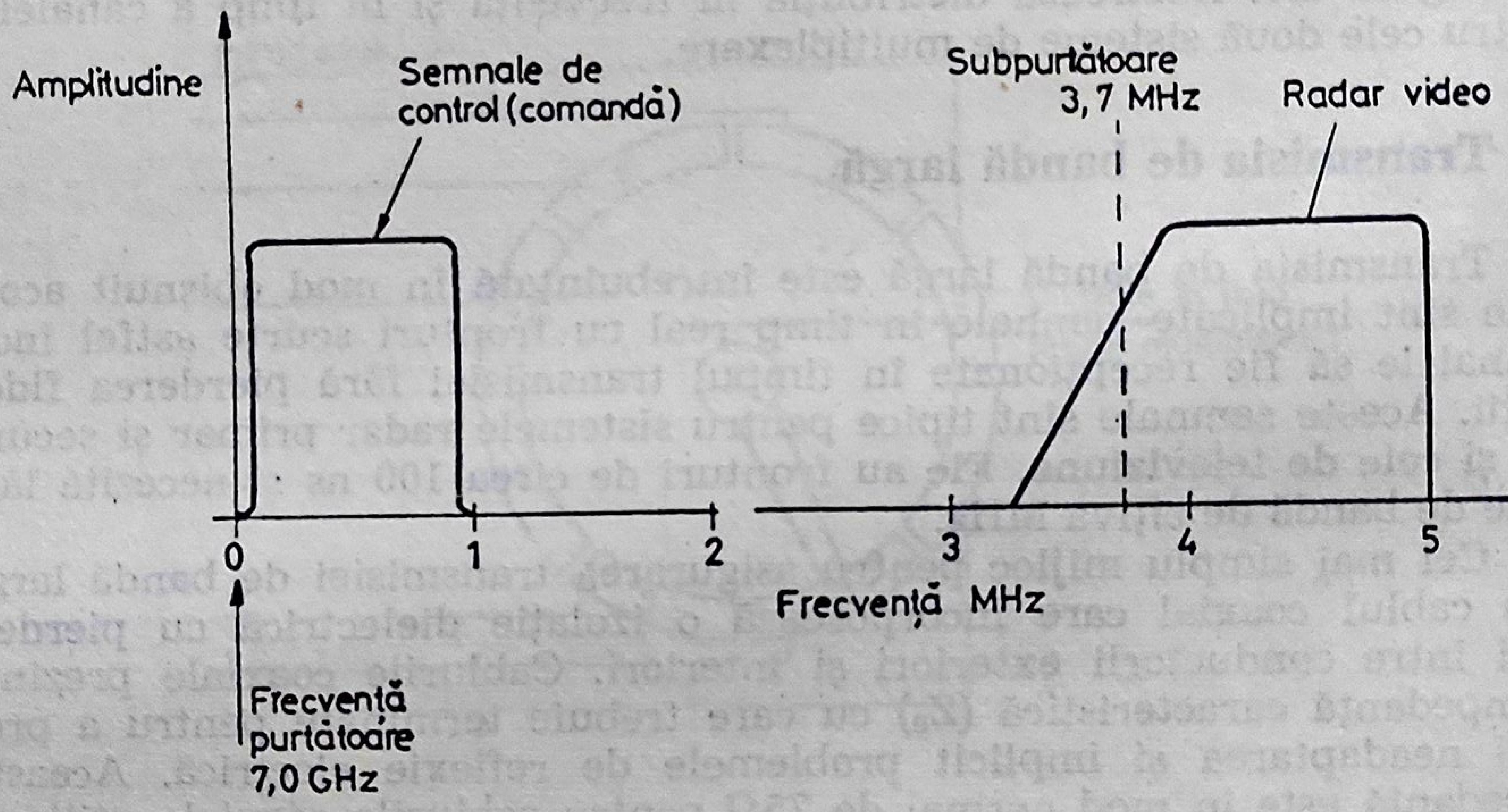


Fig. 2.10. Spectrul de radiofrecvenţă al unei legături de bandă largă cu microunde.

Pentru mărirea siguranţei în sistemele de transmisie cu microunde, se dublează atît echipamentul de transmisie cît şi cel de recepţie. Odată stabilită legătura într-o direcţie, echipamentul este completat cu un receptor la staţia de emisie şi un emiţător la recepţie, lucrînd pe frecvenţe purtătoare marginale diferite, pentru a asigura o legătură bilaterală. Această structură are avantajul că permite instalarea unor echipamente în punctul de emisie, un radar de pildă şi controlul acestuia în punctul de recepţie instalat într-o cameră de control. În fiecare din cele două puncte, emisie şi recepţie se găsesc două emiţătoare şi două receptoare. În orice moment al transmisiei sînt activate numai un emiţător şi respectiv un receptor, la cele două capete ale legăturii. Emiţătorul operaţional şi receptorul respectiv sînt selectate în mod automat printr-un sistem compus dintr-un detector de eroare şi un circuit de comutaţie. În cele două puncte, la emisie şi respectiv la recepţie, se foloseşte de obicei cîte o singură antenă parabolică, cu un diametru de 1,829 m. Cele două semnale care sînt prezente simultan sînt separate printr-un circulator cu ferită şi filtre de radiofrecvenţă „trece-bandă“ acordate pe frecvenţele emiţătorului şi respectiv receptorului.

Semnalele transmise de la emiţătorul radar către punctul de recepţie instalat în camera de control sînt grupate într-un canal video (bandă largă) şi două canale în banda audio (bandă îngustă). Semnalele transmise din camera de control către staţia radar sînt grupate într-un canal video şi un canal în banda audio. Toate aceste canale sînt modulate pe frecvenţe subpurtătoare.

La staţia de emisie, semnalele radar video sînt modulate de o *frecvenţă subpurtătoare* la 3,75 MHz mai sus decît *purtătoarea benzii principale* Unele sisteme folosesc „timpii morţi“ ai radarului pentru a transmite prin antena acestuia, pe canalul de bandă largă, informaţii de azimut codificate numeric. La recepţie un demodulator reface semnalele video în forma lor originală, iar un filtru trece-jos selectează informaţiile de azimut spre a fi ulterior decodificate.

Pentru funcţiile de control şi supraveghere se folosesc canalele audio ale transmisiei cu microunde, folosind modulaţia cu deviaţie de frecvenţă (FSK) a unei subpurtătoare de frecvenţă uşor superioare gamei audio cuprinsă în acelaşi canal. Structura sistemului de control include echipamente de codificare şi decodificare la fiecare dintre terminale, pentru a transmite şi recepţiona semnalele de acţionare şi supraveghere care circulă între echipamentul radar şi postul de comandă. Funcţiile de control ale radarului sînt acţionate prin intermediul unor comenzi amplasate pe echipamentele din staţia de comandă; tot aici se găsesc şi indicatorii care permit să se urmărească starea radarului în urma fiecărei comenzi. Spectrul de frecvenţă radio al canalelor audio al legăturii cu microunde este prezentat în figura 2.11.

Datorită curburii pămîntului, transmisiile cu microunde au o „bătaie“ limitată, în general mai mică de 50 km. Adesea însă, este necesară transmiterea unor date la distanţe mai mari, să zicem 300 km. În asemenea cazuri se recurge la un sistem de staţii repetoare care se înşiră de-a lungul acestei distanţe, la intervale de 50 km. O staţie repetoare se compune dintr-un sistem de antene dispuse spate în spate şi două perechi de receptoare cuplate cu emiţătoare pentru cele două direcţii de legătură „înainte“ şi respectiv „înapoi“. Unele sisteme hibride utilizează în paralel atît o transmisie prin microunde cît şi o legătură prin cablu coaxial.

Caracteristicile unui sistem tipic de transmisiuni cu microunde sînt:
Banda de frecvenţă: 7,0 GHz la 7,8 Ghz.

Puterea transmisă	200 mW
Nivelul de zgomot al receptorului	10 dB
Lărgimea de bandă a canalului audio	3,4 kHz
Lărgimea de bandă a canalului video	5 MHz

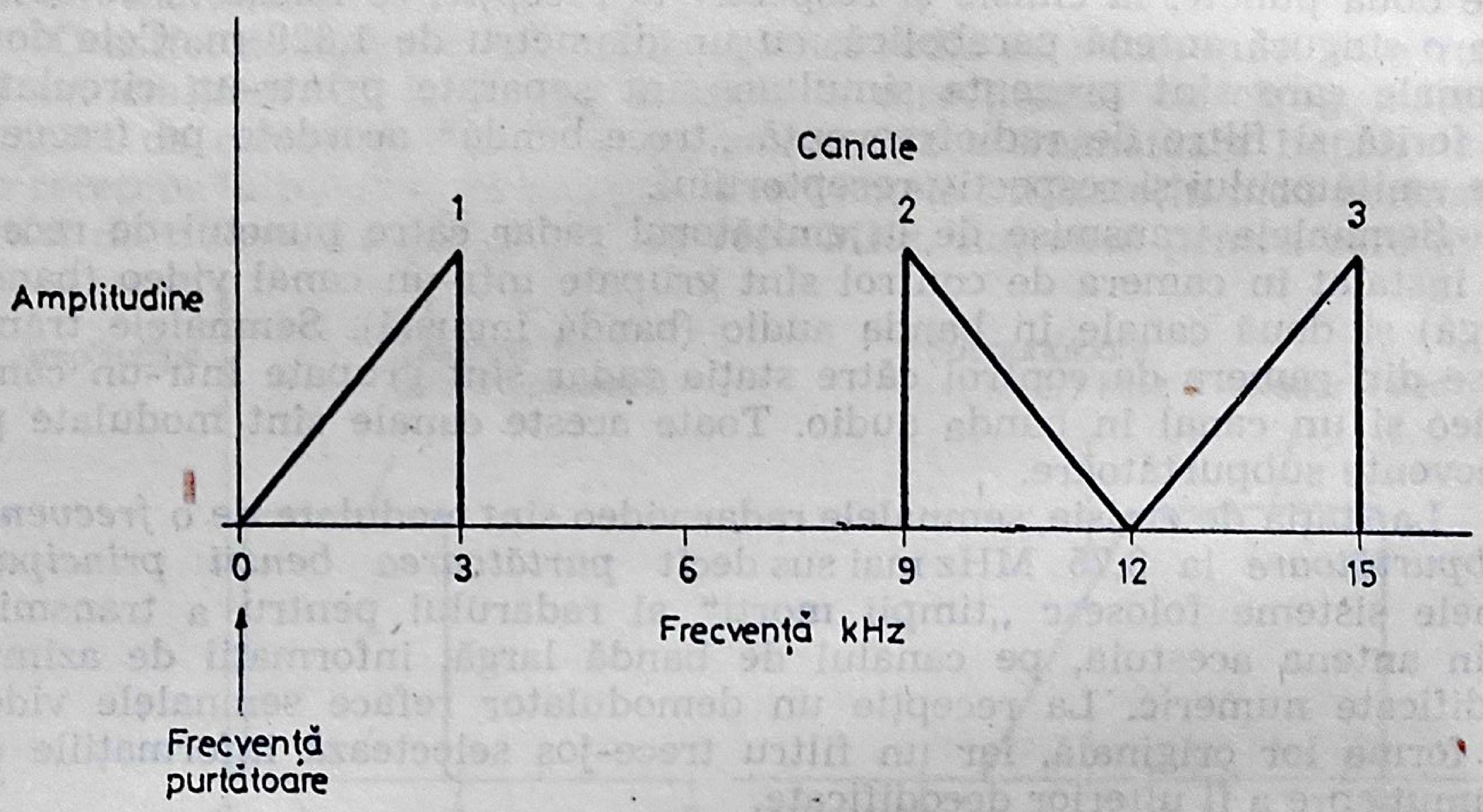


Fig. 2.11. Spectrul de radiofrecvenţă al unei legături de bandă îngustă.

Transmisia de bandă îngustă

Transmisia de bandă îngustă se referă la acele sisteme la care lărgimea de bandă nu depăşeşte 15 kHz. Menţionată anterior, cea mai simplă metodă de transmisie de bandă îngustă este telefonia. Centralele şi liniile telefonice ce sînt proiectate ţinînd seama de standardul CCITT şi au în general o lărgime de bandă de 3 kHz, pentru gama de frecvenţe ale vorbirii; cu toate acestea există linii telefonice cu calităţi speciale avînd lărgime de bandă de 15 kHz care asigură transmiterea în bune condiţiuni a muzicii. În afară de transmiterea vorbirii, liniile telefonice convenţionale pot fi de asemenea utilizate la transmiterea semnalelor analogice cu frecvenţe în banda audio, ca şi a unor semnale de control de tip „1“ / „0“, cu condiţia ca durata semnalului să nu fie mai mică de la 1 ms.

Transmisia de bandă îngustă are mare importanță în transmisiunile numerice, de exemplu legătura între terminale de teletransmisie sau între două centre de calcul, permițînd un schimb de date între două centre de calcul, permițînd un schimb de date între două procesoare geografic depărtate. Înaintea transmisiei, de cele mai multe ori, informațiile numerice se găsesc în memoria unității centrale sub forma unor *cuvinte numerice paralele*. Pentru a transmite aceste informații, este esențială convertirea cuvintelor paralele într-o formă serială. Acest lucru se poate realiza de exemplu prin folosirea unor registre de deplasare care pot converti grupuri de cîte 8 biți, dat fiind că un cuvînt paralel poate conține pînă la 100 biți (a se vedea anexa de la sfîrșitul capitolului). Cuvîntul în formă serială este introdus într-un modulator care convertește datele într-o formă potrivită pentru transmisia prin linia telefonului.

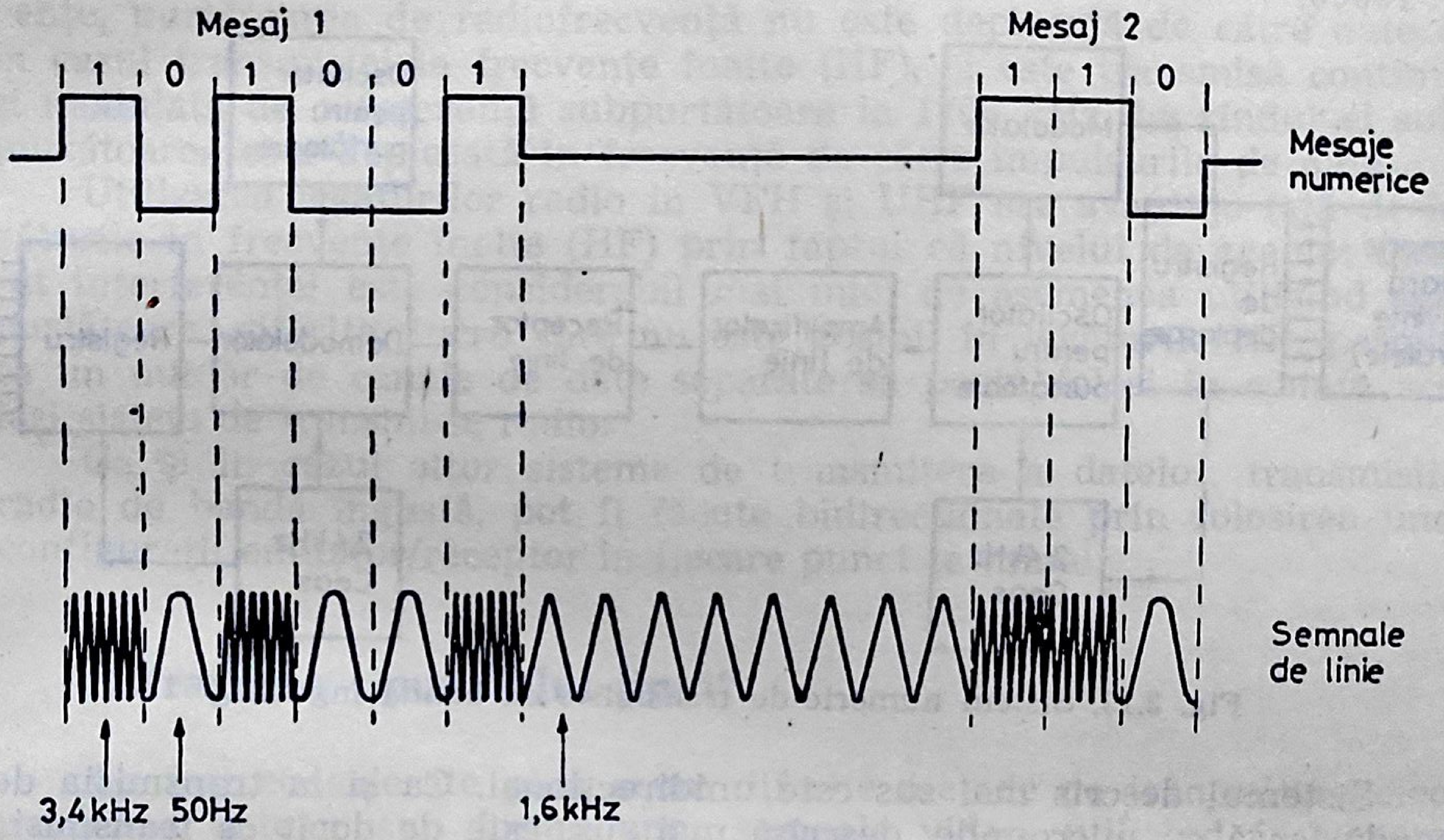


Fig. 2.12. Semnale de transmisie în linie.

Să considerăm o linie cu lărgime de bandă de 3,4 kHz. Dacă se generează o purtătoare avînd frecvența egală cu jumătate din lărgimea benzii, de exemplu 1,7 kHz și folosind tehnica modulării cu deviație de frecvență, se poate transmite „1“ deplasînd frecvența purtătoare la 3,4 kHz, în timp „0“ se transmite deplasînd frecvența purtătoare spre 0 kHz, practic la 50 Hz. Figura 2.12 ilustrează astfel de semnale pentru un mesaj numeric tipic. Un generator de tact conținut în modulator controlează circuitele de deplasare a frecvenței și registrul de deplasare pentru conversia paralel — serie. Pentru o linie de transmisie cu o lărgime de bandă de 3,4 kHz, generatorul de tact lucrează la frecvența de

2,4 kHz, ceea ce permite o viteză de transmisie de 2400 biţi pe secundă. Schema bloc a unui sistem tipic de transmisie de bandă îngustă pentru semnale numerice este ilustrată în figura 2.13. La recepţie linia alimentează un demodulator trecînd în prealabil prin circuite speciale de recepţie care compensează eventualele pierderi pe linie. Impulsurile serie, de la ieşirea demodulatorului sînt transformate în cuvinte paralele într-un registru controlat de generatorul de tact. Pentru ca operaţia să decurgă în condiţii satisfăcătoare este necesar ca ambele generatoare de tact să lucreze la aceiaşi frecvenţă. Pentru satisfacerea acestui deziderat, atît generatorul de tact de emisie cît şi cel de recepţie utilizează oscilatoare cu cristal de cuarţ de mare precizie avînd o stabilitate de ordinul 1 : 10000.

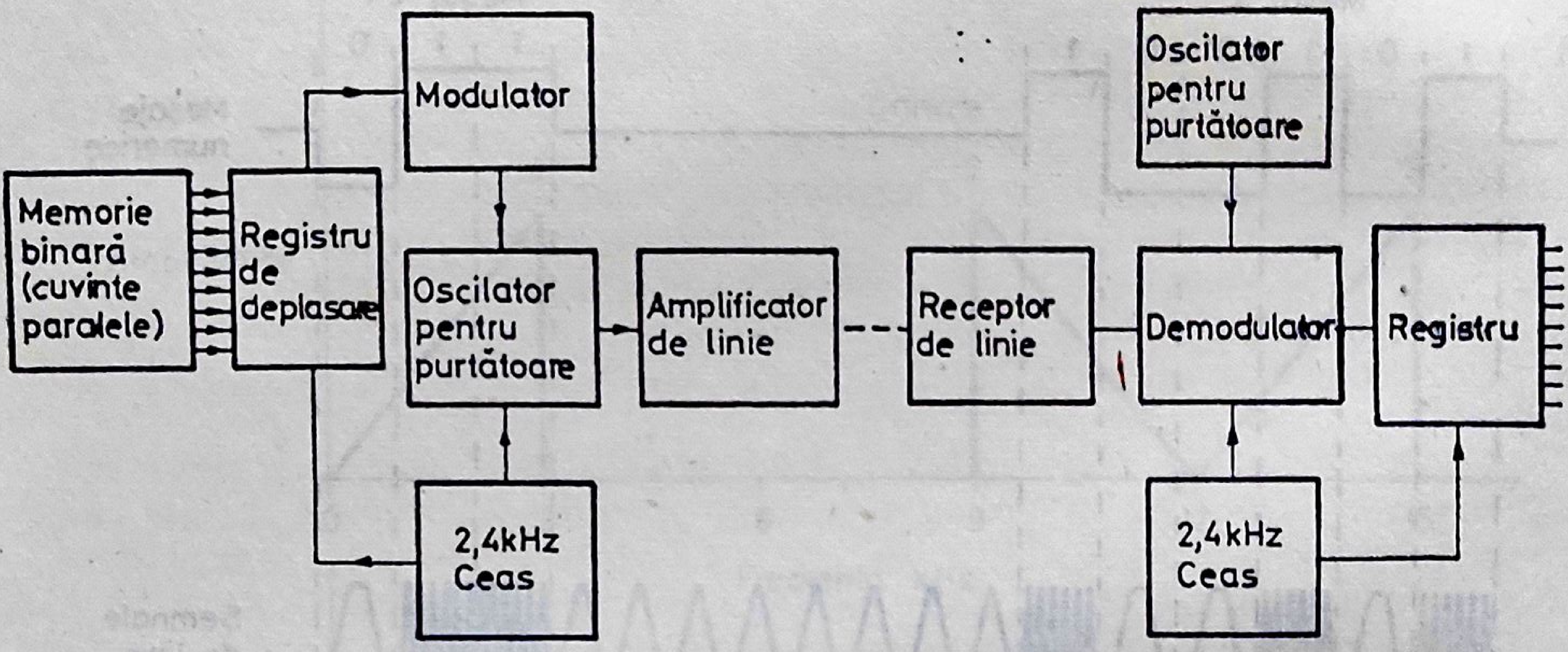


Fig. 2.13. Sistem numeric de transmisie cu bandă îngustă.

Sistemul descris mai sus este unidirecţional. Ca şi la transmisia de bandă largă cu microunde, descrisă mai sus, este de dorit ca transmisia datelor să aibă loc în ambele direcţii. Acest lucru se realizează prin adăugarea unui modulator şi un registru de deplasare la recepţie şi a unui demodulator împreună cu un registru la celălalt capăt al transmisiei, făcînd uz de acelaşi generator de tact. Dispozitivele de acest gen sînt cunoscute sub numele de *modem-uri* (*mo*dulator/*dem*odulator).

În multe aplicaţii comerciale care implică transmisii de bandă îngustă, se închiriază linii telefonice, care trebuie să-şi menţină caracteristicile la un anumit standard, ceea ce implică folosirea unor repetoare pentru menţinerea amplitudinii semnalului, acolo unde este necesar în cazul unor distanţe lungi, şi a unui raport ridicat semnal/zgomot, de-a lungul liniei. În regiuni slab populate, ca de altfel şi în regiuni accidentate, atît construcţia cît şi întreţinerea reţelelor telefonice devine costisitoare. În astfel de cazuri este mai convenabilă utilizarea unei legături radio ca mod de transmisie.

Un astfel de sistem de transmisie foloseşte modulaţia în frecvenţă de bandă îngustă, frecvenţa purtătoare radio fiind introdusă (FSK) de datele ce sînt transmise. Receptorul utilizează un discriminator pentru demodularea semnalelor. Utilizarea sistemelor cu devierea frecvenţei (FSK) în locul comutaţiei de frecvenţă îmbunătăţeşte discriminarea faţă de zgomot, în limitele benzii de trecere a receptorului. Modulaţia bazată pe devierea frecvenţei (FSK) se utilizează curent în dispozitive de emisie şi recepţie pentru distanţe lungi şi care lucrează cu unde radio de frevenţe foarte înalte (HF) cuprinse între 2 MHz şi 30 MHz. În transmisii la distanţe scurte de ordinul a 50 km se folosesc emiţătoare şi receptoare pe frecvenţe foarte înalte (VHF) şi frecvenţe ultraînalte (UHF), operînd în frecvenţe cuprinse între 150 MHz şi 400 MHz. La aceste frecvenţe, purtătoarea de radiofrecvenţă nu este deplasată de către date ca în cazul transmisiei la frecvenţe înalte (HF), ci este transmisă continuu şi modulată de o frecvenţă subpurtătoare la 1700 kHz. La rîndul ei subpurtătoarea este deplasată în frecvenţă de către impulsurile de date.

Utilizarea legăturilor radio în VFH şi UHF are avantaje faţă de legăturile în frecvenţe înalte (HF) prin faptul că nivelul de zgomot datorat interferenţei este considerabil mai mic; de asemenea utilizînd subpurtătoare, diferite, lucru care nu este posibil în legăturile HF, permite ca un număr de canale de date separate să poată folosi în comun acelaşi sistem de transmisie radio.

Ca şi în cazul altor sisteme de transmitere a datelor, transmisiile radio de bandă îngustă, pot fi făcute bidirecţionale prin folosirea unor configuraţii emiţător/receptor în fiecare punct terminal.

Extragerea „punctului-ţintă"

Au fost considerate pînă acum diferite metode de transmitere electronică a datelor sub forma unor semnale video, utilizînd în general transmisii de bandă largă, prin cabluri coaxiale sau legături radio cu microunde. Cu toate că semnalele video transmise în timp real cer o lărgime de bandă mare, o astfel de legătură este utilizată neeficient într-un sistem de transmitere a datelor cu radar, deoarece semnalele semnificative apar ocazional, linia rămînînd în stare de repaus cea mai mare parte a timpului. Dacă se consideră 40 de ţinte de azimuturi date, sub supravegherea unui radar, timpul pe care raza sensorului îl utilizează la detectarea ţintelor raportat la intervalul de repetiţie este: $40 \times 2\ \mu s = 80\ \mu s$ pentru un radar cu lungimea impulsului de 2 μs, în timp ce perioada de repetiţie a unui radar cu o rază de acţiune de 200 mile marine este de aproximativ 2 500 μs. În acest caz, neglijînd ecourile parazite, linia va fi ocupată util în proporţie de 80/2 500 sau cu alte cuvinte numai 3 procente din perioada de operare.

Pentru un număr dat de ţinte, produsul dintre timpul de detectare a ţintelor şi lărgimea benzii este constant. Astfel dacă se poate concepe un mijloc de creştere a duratei de detectare a ţintei, se poate reduce în mod corespunzător lărgimea de bandă necesară transmisiei. Referindu-ne la acelaşi exemplu, dacă se utilizează o lărgime de bandă pentru semnalele radar de 1,5 MHz, atunci constanta timp lărgime de bandă este de $80\times1{,}5=120$. Dacă timpul poate fi lungit în mod artificial folosind tehnici de memorare pînă la 2500 μs lărgimea benzii se micşorează la 120/2500 sau 50 kHz. În continuare, dacă semnalul de ţintă poate fi memorat pe o durată corespunzînd cu lăţimea fascicolului antenei radarului şi se generează un mesaj pentru fiecare ţintă în loc de un mesaj la fiecare interval de repetiţie a impulsurilor *(iri)*, lărgimea de bandă se reduce încă o dată la $\frac{50}{16}=3$ kHz, aceasta pentru că în mod normal se întorc aproximativ 16 impulsuri pentru o singură ţintă avînd un fascicol de 3°.

Relaţia dintre numărul de instrucţiuni P, care revin de la o ţintă şi caracteristicile radarului este:

$$P=\frac{\theta\times f}{360}\times\frac{60}{N}$$

unde:

θ este lăţimea fascicolului în grade;

f — frecvenţa de repetiţie al impulsurilor în Hz;

N — viteza de rotaţie a antenei în rot/min.

Tehnicile şi procesele utilizate pentru conversia datelor care în mod normal ar cere o transmisie de bandă largă, într-o formă în care să poată fi transmise pe o bandă îngustă sînt cunoscute sub numele de extragerea punctului-ţintă (plot extraction). Şi alte avantaje majore privind creşterea eficienţei legăturii, pledează în favoarea transmisiei de bandă îngustă şi justifică utilizarea tehnicilor de „extragerea punctului-ţintă". Pe scurt aceste avantaje sînt:

a) eficienţa legăturii;
b) supleţea sistemului;
c) reducerea zgomotului;
d) eliminarea datelor redondante;
e) cost redus (în investiţii, exploatare şi întreţinere) în comparaţie cu legăturile radio cu microunde de bandă largă.

Cînd se foloseşte o legătură cu microunde de bandă largă pentru a transmite date de la un sistem radar aflat la distanţă către centrul de control, investiţia este deosebit de costisitoare, mai ales dacă staţiile de retransmisie se află la distanţe de ordinul zecilor de kilometri, deoarece în calculul investiţiei trebuie inclus, pe lîngă costul echipamentului de transmisie cu microunde al fiecărei staţii de retransmisie şi costul terenului afectat acestor staţii şi costul întreţinerii. Costul este mult redus în cazul soluţiilor care implică transmisii de bandă îngustă. În plus se reduce şi costul centrelor de control acestea putînd deservi simultan mai mulţi sensori radar distribuiţi geografic la distanţe diferite. Acest concept conduce la punerea în practică a unei reţele de radar care poate fi implementată prin legarea cîtorva centre operaționale cu caracter civil și militar. Un astfel de sistem este pus în aplicare de Agenția Eurocontrol, în scopul controlului traficului aerian în partea de nord a Europei, în care datele culese de sensori radar distribuiți pe teritoriul cîtorva țări sînt transmise prin linii de bandă îngustă către un centru operațional de la Maastricht din Olanda. În mod similar atît administrația franceză cît și cea engleză implementează rețele naționale de transmitere a datelor pentru controlul traficului aerian folosind aceste tehnici de transmisie.

În afară de costul inițial mic cît și de costul de exploatare redus, tehnica de extragere a punctului țintă oferă în continuare alte avantaje tehnice în ceea ce privește reducerea zgomotului și eliminarea informațiilor redondante cum ar fi paraziții frecvenții proveniți de la ținte staționare și datorită condițiilor atmosferice, paraziți încă neeliminați în sisteme radar convenționale, ceea ce în ultimă instanță duce la obținerea unor informații radar într-o formă grafică mult mai bună.

De-a lungul perioadei inițiale de dezvoltare a tehnicilor de „extragere a punctului țintă“ au existat dubii în ceea ce privește performanțele acestor sisteme comparate cu cele obținute cu tehnica clasică de urmărire în timp real.

În particular:

a) poate un „extractor de punct țintă“ să asigure o probabilitate bună de identificare a țintei în condiții de zgomot așa cum o face un operator uman cu un sistem convențional radar MTI?

b) vor fi suficiente, în cazul noului sistem, precizia și rezoluția de azimut (limită de identificare a două ținte de azimut diferit la un sistem radar)?

Aceste chestiuni au fost rezolvate satisfăcător în Statele Unite prin testarea extensivă a echipamentelor stabilindu-se că datele „de extragere de punct țintă“ transmise pe linii de bandă îngustă asigură performanțe cel puțin egale cu cele care folosesc tehnici radar cu transmisie de bandă largă.

Funcțiile „de extragere de punct țintă“ sînt în principiu similare atît pentru radarul primar cît și pentru cel secundar și se împarte logic în trei categorii: a) prelucrarea semnalelor video; b) detectarea loviturii (hit detection) și c) detectarea punctului țintă (plot detection).

Figura 2.14. prezintă diagrama funcțională simplificată a unui „extractor de punct țintă“.

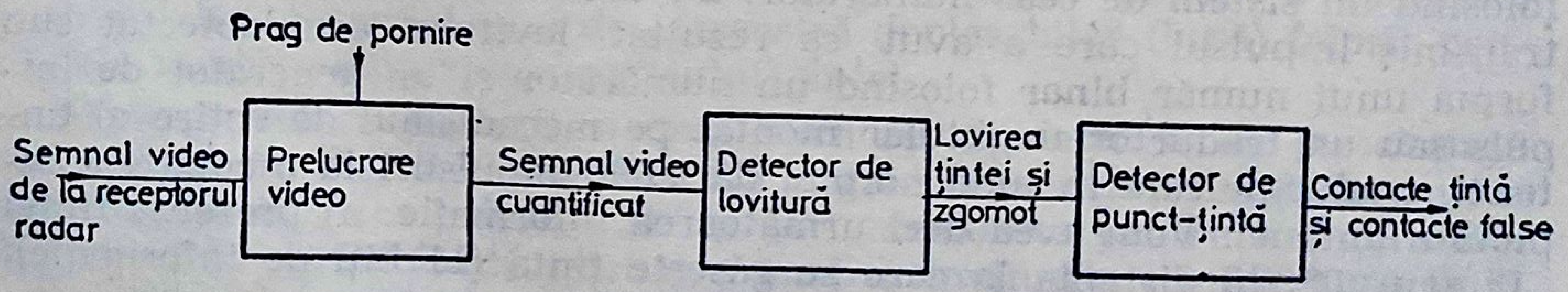


Fig. 2.14. Sistem simplificat de „extragere de punct-țintă“.

Majoritatea semnalelor de zgomot nedorite sînt eliminate prin prelucrarea semnalelor video, aceste semnale fiind selectate după amplitudine prin intermediul unui circuit de prag a cărui funcţie este să stabilească un prag de amplitudine deasupra căruia semnalele sînt acceptate ca provenind de la ţintă. Sub acest prag, semnalele sînt considerate parazite şi eliminate. Ieşirea unui dispozitiv de prelucrare a imaginii cuprinde impulsurile video cu un raport definit semnal/zgomot, aşa cum se poate vedea în fig. 2.15.

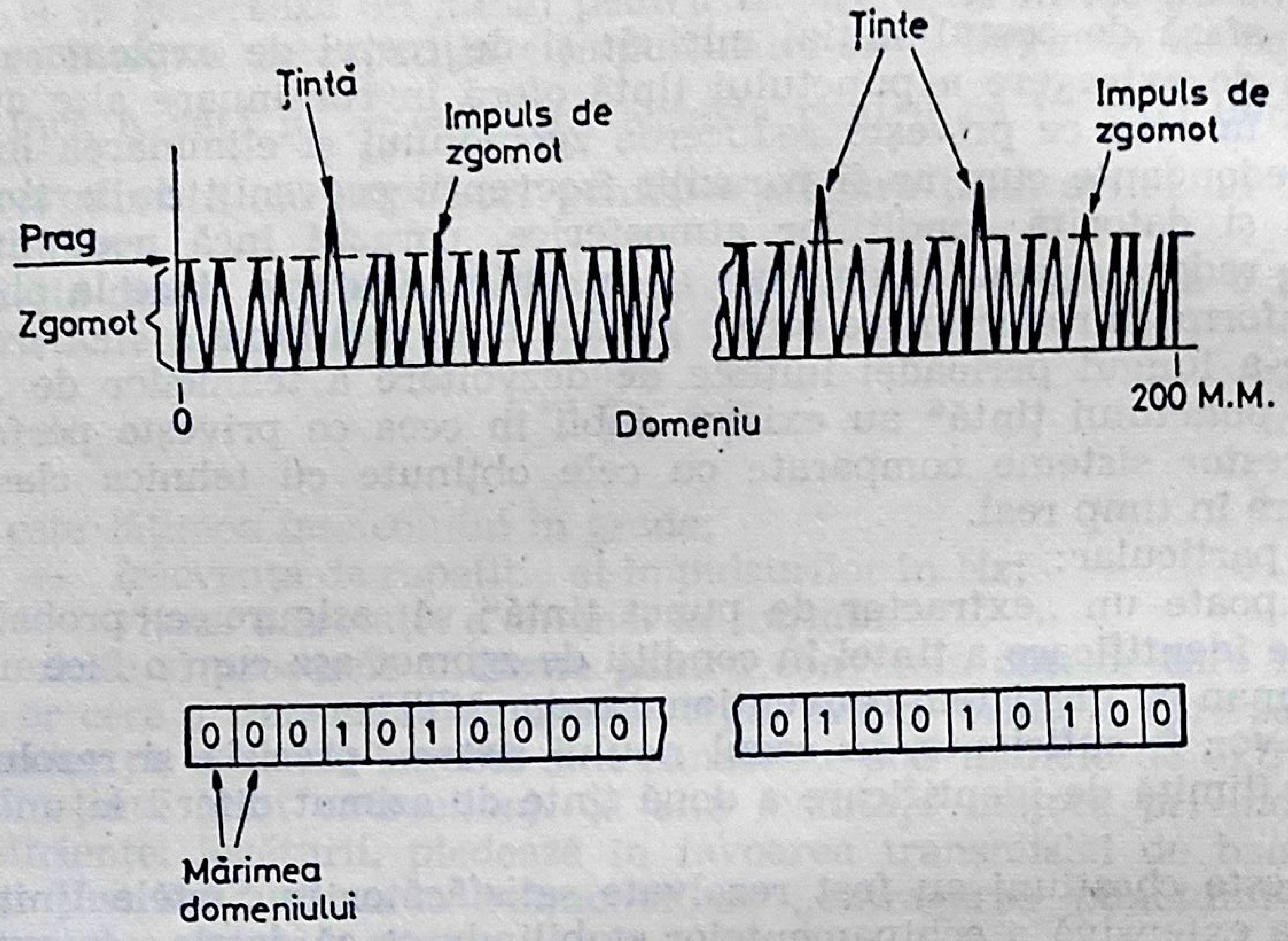


Fig. 2.15. Pragul video.

Detectorul de lovituri „hit detector“ analizează semnale video prelucrate pe un interval de repetiţie a impulsurilor *(iri)*. Fiecare impuls video este cuantificat în amplitudine şi lăţime pentru a da o „lovitură“ standard pentru ţintă. Acesta este începutul procesului de extragere în urma căruia o lovitură este considerată un „1“. În această fază raza la care lovitura-ţintă este detectată este exprimată printr-un număr binar analizînd timpul la care a fost făcută detecţia faţă de „zero-ul“ radarului, folosind un sistem de ceas-numărător. De asemenea azimutul la care s-a transmis impulsul care a avut ca rezultat lovitura este detectat sub forma unui număr binar folosind un numărător şi un generator de impuls sau un traductor unghiular montat pe mecanismul de rotire al antenei, traductor care în mod normal dă 4 096 impulsuri la o rotaţie completă a antenei. Vom avea deci următoarea informaţie: a) prezenţa ţintei „1“ sau „0“; b) distanţa la care se găseşte ţinta (11 biţi de informaţie); c) azimutul instantaneu ale ţintei (11 biţi de informaţie).

Ieşirea detectorului de lovituri dă impulsuri provenite de la ţintă avînd asociată distanţa şi azimutul, dar nici o situaţie a impulsurilor de ţintă detectate anterior la distanţe identice. Cunoaşterea acestora este esenţială pentru a construi o diagramă a ţintei şi a scoate în evidenţă impulsurile utile faţă de cele aleatoare cauzate de zgomot care au trecut de etajele video anterioare.

În consecinţă următorul etaj pentru extragerea punctului ţintă este detectorul de punct ţintă. Acesta posedă facilităţi de memorare şi stochează evenimentele în legătură cu loviturile anterioare care au fost identificate de detectorul de lovituri.

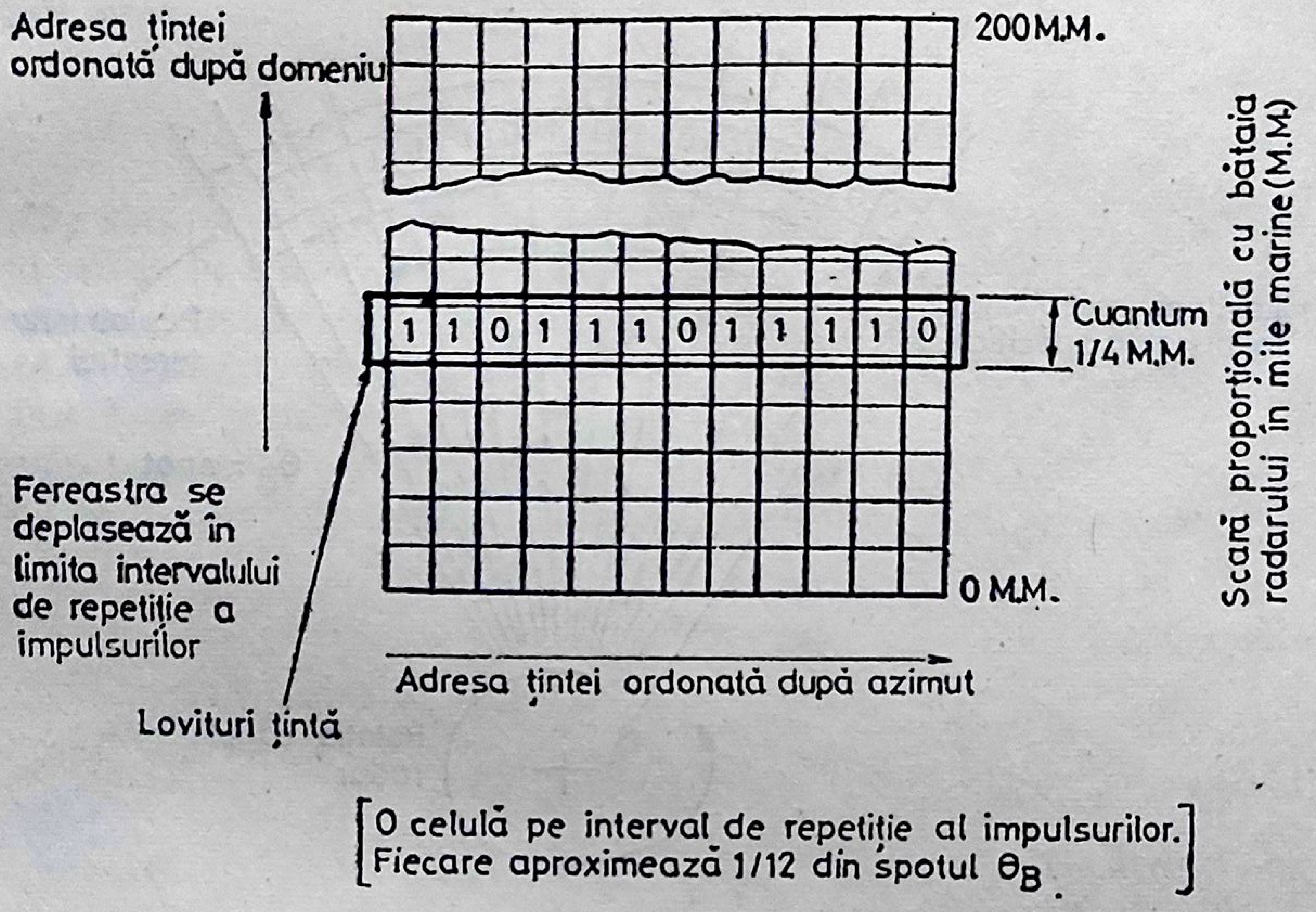

Adresa ţintei ordonată după domeniu
200 M.M.
Scară proporţională cu bătaia radarului în mile marine (M.M.)
1 1 0 1 1 1 0 1 1 1 1 0
Cuantum 1/4 M.M.
Fereastra se deplasează în limita intervalului de repetiţie a impulsurilor
Lovituri ţintă
0 M.M.
Adresa ţintei ordonată după azimut
O celulă pe interval de repetiţie al impulsurilor. Fiecare aproximează 1/12 din spotul θ_B

Fig. 2.16. Memoria detectorului de „punct-ţintă".

Memoria care de obicei este realizată cu toruri de ferită este organizată bidimensional. Adresele ţintelor aranjate după distanţă sînt pe o dimensiune, iar în cea de-a doua sînt aranjate incrementele azimuturilor respective. Procesul detectării punctului ţintă începe în momentul primirii informaţiei despre poziţia ţintei de la antenă. Totuşi memoria nu trebuie să conţină toate incrementele azimuturilor pentru o rotaţie a antenei datorită procedeului de „fereastră deplasabilă" (lupă) folosit pentru determinarea diagramei (graficului) ţintei.

O diagramă simplificată a unei memorii de detector de punct-ţintă este arătată în Fig. 2.16. Se observă organizarea memoriei bidimensionale cu cîteva lovituri de tip „1" şi „0", memorate pentru o ţintă dată. O „fereastră" este folosită pentru a analiza loviturile trimise spre ţintă şi care au fost memorate. Această fereastră are lungimea unei lăţimi de raze vectoare de tip radar, de regulă 12 intervale de repetiţie a impulsurilor *(iri)* în incremente de azimut iar lăţimea este cea a unei celule sau cea a unei adrese de ţintă. Fereastra „mătură“ datele memorate la fiecare *iri* cu viteza de transmisie a radarului şi se mişcă efectiv în azimut cu viteza de rotaţie a antenei în paşi egali cu un increment de azimut, de unde şi termenul de „fereastră deplasabilă“. Dar cum mişcarea ferestrei deasupra informaţiilor despre ţintă este relativă, ea este fixată în azimut şi noile informaţii se „scurg“ sub ea aşa cum este ilustrat în fig. 2.17. În acest fel memoria are dimensiunea unei lăţimi de rază radar în azimut. Suma loviturilor conţinute în fereastră determină prezenţa unei ţinte. De exemplu criteriul pentru această determinare poate fi 7/12, adică cel puţin şapte lovituri sau şapte de „1“ sînt prezenţi la aceeaşi distanţă într-o fereastră cu 12 celule.

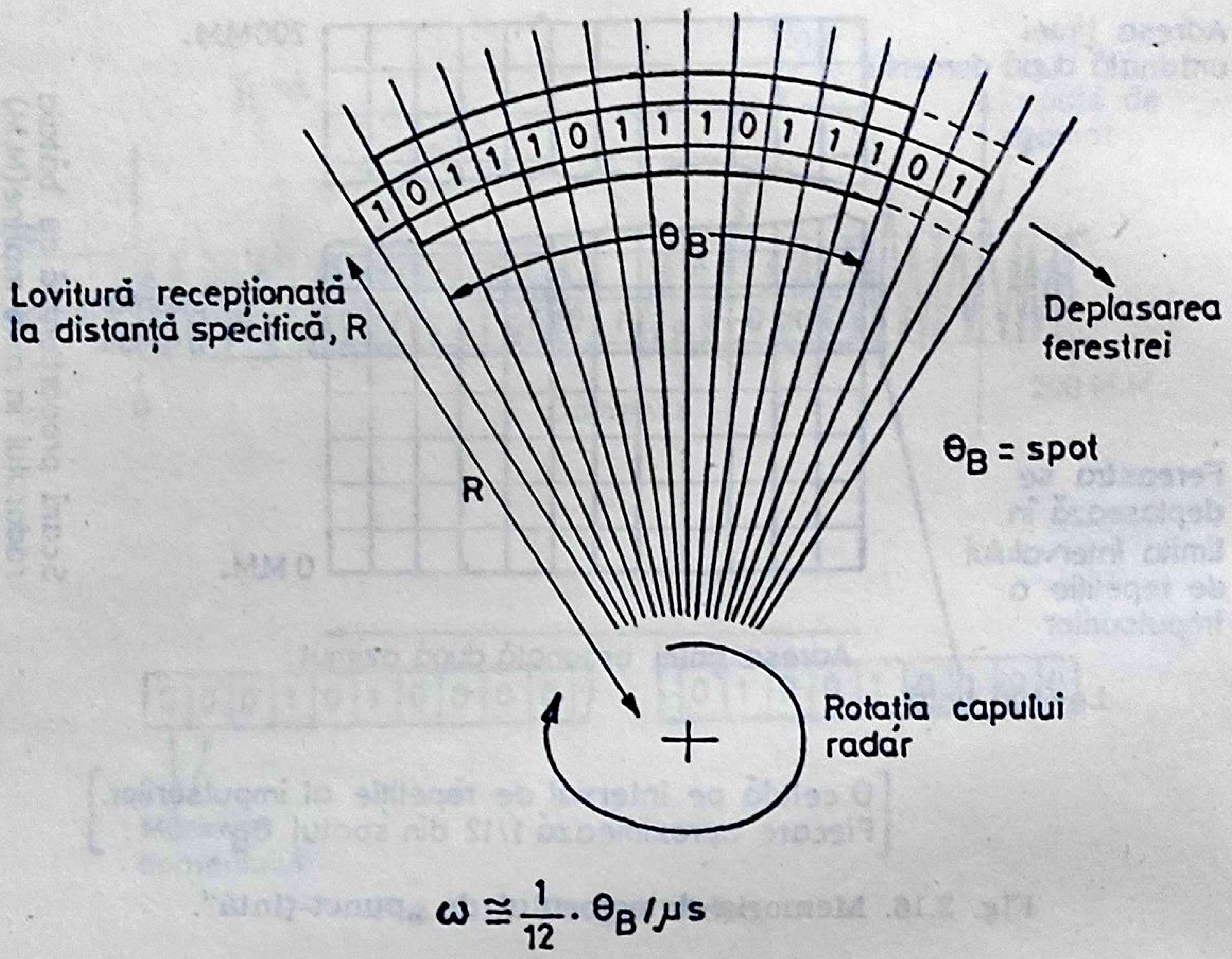


Fig. 2.17. Tehnica „ferestrei deplasabile“.

Detectorul de lovituri a dat distanţa, detectorul de punct-ţintă a indicat pînă acum numai prezenţa ţintei. Pentru a completa informaţia despre ţintă este necesar azimutul central al ţintei şi acesta se găseşte undeva în interiorul ferestrei unde este prezentă ţinta declarată. Dacă loviturile sînt analizate cu o fereastră de o mărime dată şi dacă detecţia loviturii este aceeaşi pentru celule de azimut adiacente această presupune existenţa unui punct ţintă. Dacă se introduce un criteriu de consistenţă a loviturilor sau a „1“-urilor, de ex. 3/3 lovituri în trei celule de azimut adiacente, atunci se poate găsi frontul anterior sau partea de început a ţintei. În mod similar frontul posterior se poate determina pentru lovituri ratate consecutive sau „0“-uri în celule de azimut adiacente. Acest lucru este arătat în fig. 2.18 (a). Numărul celulelor de azimut pentru detectarea începutului şi sfîrşitului ţintei se numesc praguri anterioare şi posterioare.

Se poate calcula azimutul central din cele două azimuturi discrete (θ_L şi θ_{TR}).

Vom avea:

$$\theta = \frac{\theta_{TR} - \theta_L}{2} + \theta_L - d\theta_1,$$

unde $d\theta_1$ este o corecţie de azimut necesară compensării pragului frontului anterior al ţintei. Acest calcul este înfăţişat în fig. 2.18, (b).

Ieşirea detectorului de punct-ţintă dă informaţii asupra ţintei ca distanţă şi azimut central, în cuvinte binare. Astfel s-a obţinut „extragerea punctului-ţintă“.

Informaţiile despre ţintă ies din extractorul de puncte-ţintă aproape în timp real, fiind întîrziate cu aproximativ o lăţime de rază vectoare de rotaţie a radarului, practic aprox. 50 ms. Pentru a trece astfel de informaţii printr-o legătură în bandă îngustă este necesară desigur memorarea iniţială a acestora într-o memorie tampon pentru a face apoi conversia din formatul paralel în serie şi a face posibilă transmiterea efectivă prin legătură. Tot în acest capitol s-au făcut mai înainte observaţii asupra menţinerii constante a vitezei informaţiei pe legătură din motive de folosire operaţională optimă sau eficientă a acesteia.

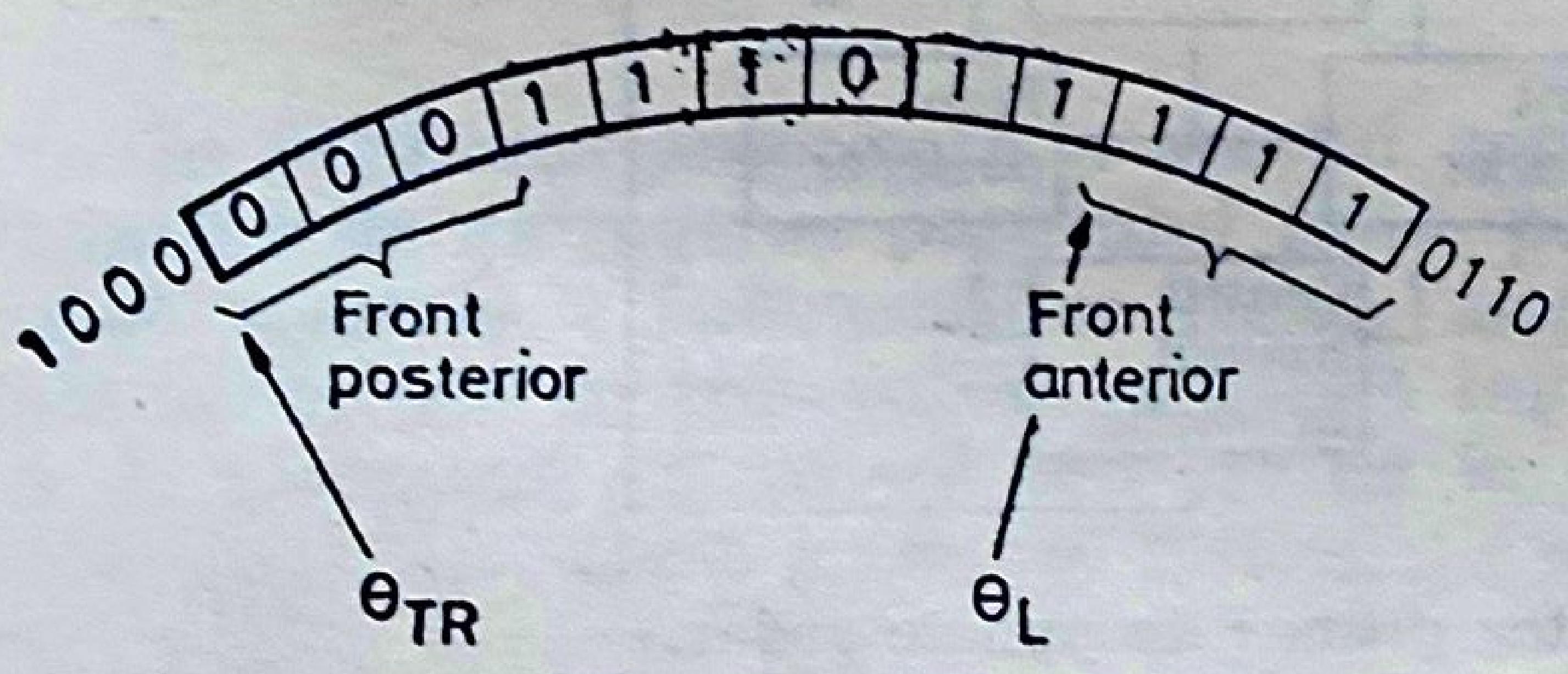


Fig. 2.18, a. Determinarea marginilor (fronturilor) anterioare şi posterioare.

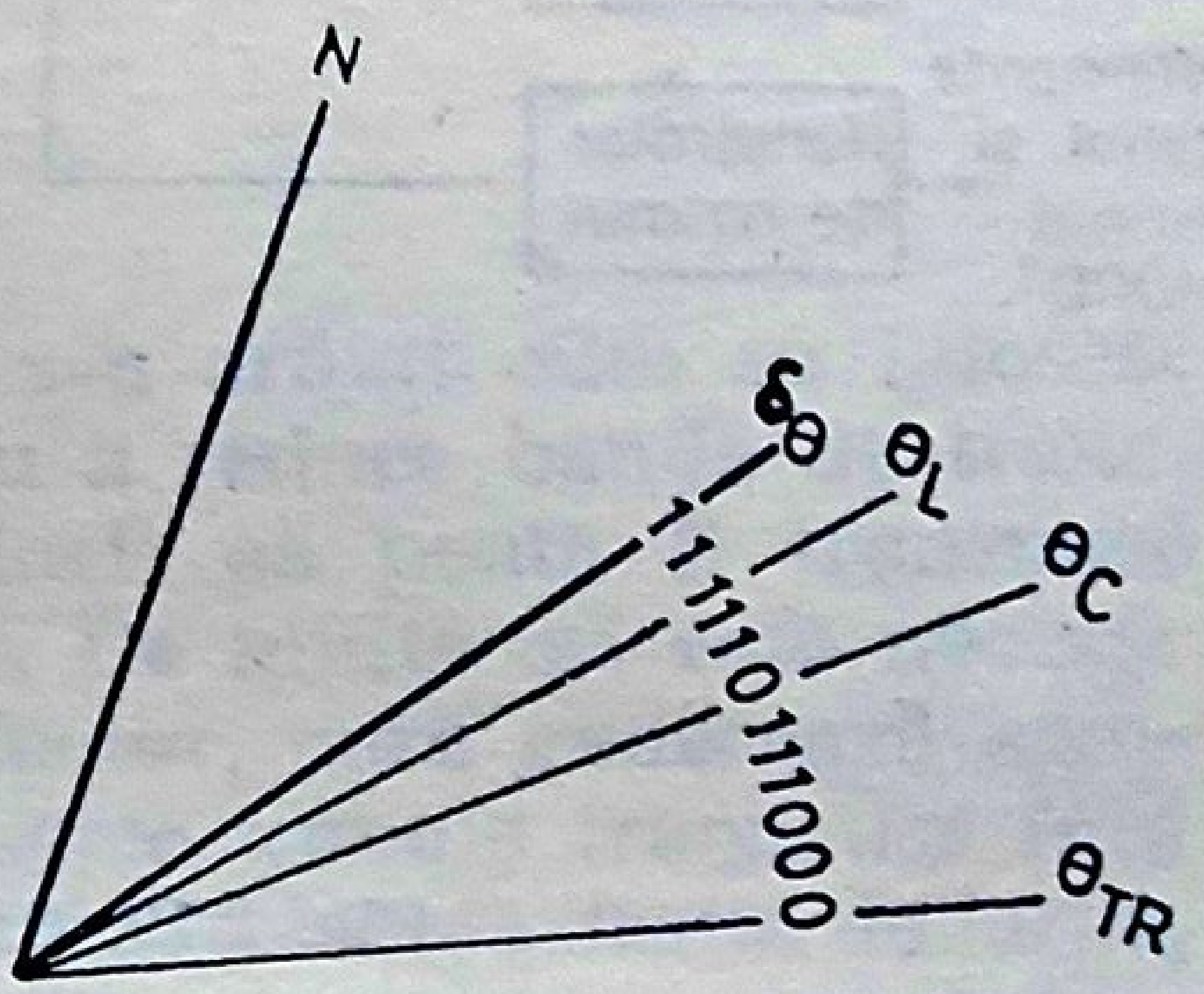


Fig. 2.18, b. Calculul azimutului central.

Oricum cursele civile nu sînt niciodată dispersate aleator în raza de acţiune a unui radar ci se tinde să se grupeze acestea în sectoare după particularităţile geografice al liniilor aeriene. Astfel memoria tampon, funcţionînd ca un rezervor de informaţii se umple şi se goleşte pe măsură ce se roteşte antena. Se detectează grupuri de ţinte, informaţiile despre ele sînt memorate în timp ce memoria este golită continuu cu o viteză constantă de către sistemul de transmisie.

O schemă mai detaliată a unui extractor primar de punct-ţintă este arătată în fig. 2.19.

Informaţiile despre punctul-ţintă obţinute prin extractor în timpul unei rotaţii a antenei sînt bazate pe date despre ţintă, recepţionate de un sensor radar în timpul unei rotaţii a antenei şi ca atare conţin un procent de puncte false care sînt cauzate fie de impulsuri de zgomot aleatoare fie de reflexii permanente care întîmplător corespund criteriului de detectare al punctelor.

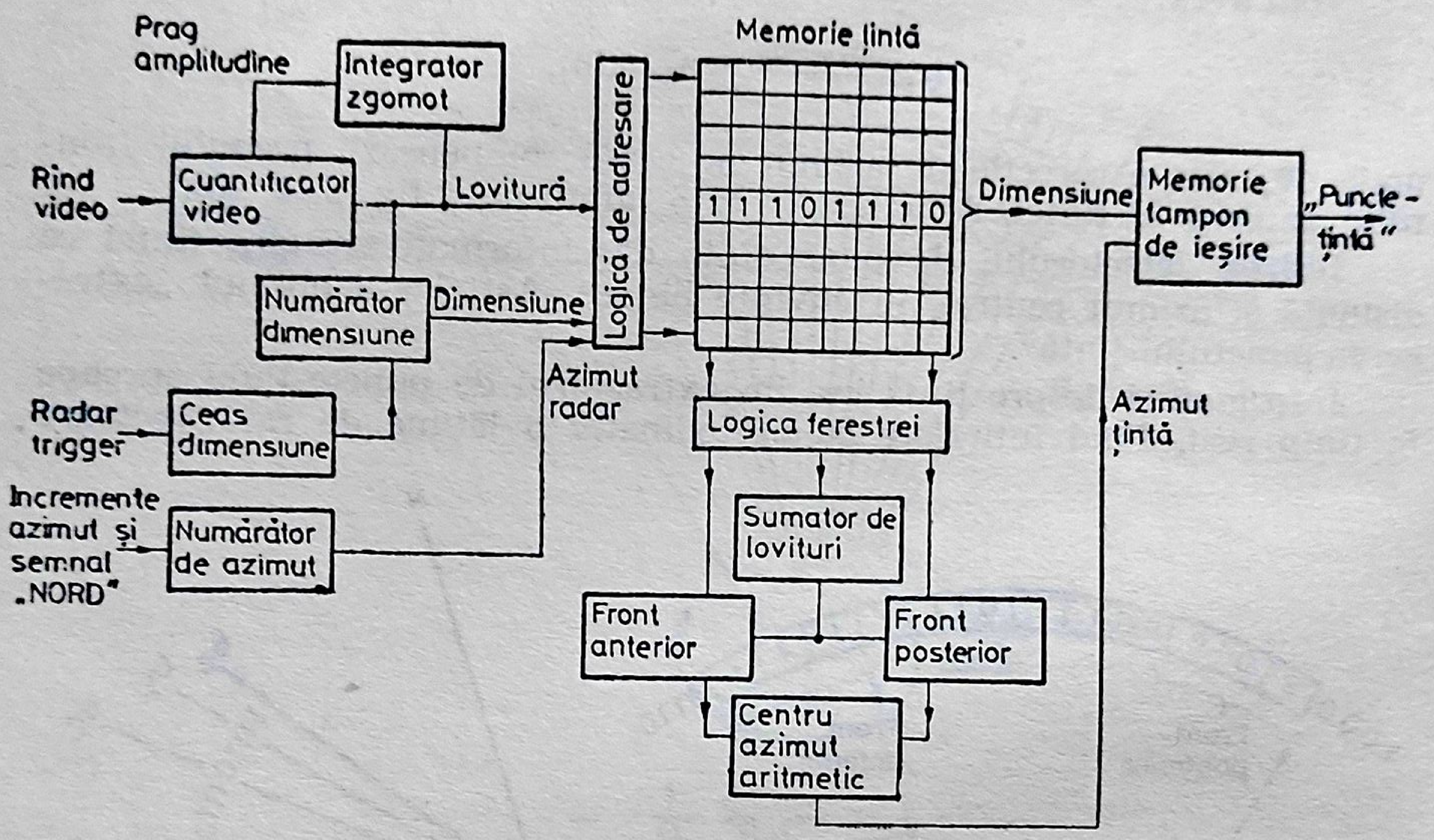

Prag amplitudine
Integrator zgomot
Rînd video
Cuantificator video
Lovitură
Logică de adresare
Memorie ţintă
1 1 1 0 1 1 1 0
Dimensiune
Memorie tampon de ieşire
„Puncte-ţintă"
Numărător dimensiune
Dimensiune
Radar trigger
Ceas dimensiune
Azimut radar
Logica ferestrei
Azimut ţintă
Incremente azimut şi semnal „NORD"
Numărător de azimut
Sumator de lovituri
Front anterior
Front posterior
Centru azimut aritmetic

Fig. 2.19. Extractor primar de puncte radar.

Reducerea punctelor false se poate face folosind *tehnica de urmărire*. Aceasta necesită stocarea (memorarea) punctelor ţintă pentru mai multe rotaţii ale antenei şi corelarea noilor puncte cu cele memorate. Cînd se recunoaşte coincidenţa poziţiilor se poate genera o traiectorie a ţintei. Punctele false nu se vor corela în mod normal în timpul mai multor rotaţii ale antenei, datorită naturii lor aleatoare. Aceasta reduce nu numai cantitatea informaţiilor de transmis într-o bandă îngustă, dar chiar şi lărgimea necesară a benzii. Oricum cantitatea de informaţie stocată necesară pentru facilităţi adiţionale măreşte memoria tampon de ieşire a extractorului de puncte-țintă foarte mult, deoarece trebuiesc memorate toate punctele pentru mai multe rotații ale antenei. Un alt avantaj al trasării traiectoriei este acela că viteza țintei poate fi obținută imediat din informațiile asupra întregii traiectorii.

Există un dezavantaj în realizarea traiectoriei, la extractorul de puncte care nu trebuie trecut cu vederea: fidelitatea sau integritatea sistemului de transmitere a datelor. Dacă, într-un sistem, folosind un extractor de puncte, fără trasarea traiectoriei, un punct transmis este eronat datorită zgomotului sau unei funționări defectuoase a liniei de transmisie, atunci informațiile referitoare la punct se pierd la recepție, numai pentru cîteva secunde sau o rotație a antenei, pînă cînd se recepționează noile puncte-țintă. Oricum, dacă într-un extractor de puncte, care folosește trasarea traiectoriei, legătura produce o eroare în informația transmisă, trebuie folosită o a doua legătură de întoarcere, pentru a cere extractorului de a repeta informațiile asupra țintei. În acest fel se pierde timp și este necesar echipament suplimentar și deci se complică sistemul. Din această cauză trasarea traiectoriei se realizează de obicei în echipamente de prelucrare a datelor aflate la receptorul de bandă îngustă. Un astfel de echipament avînd dispozitiv de afișare este adesea inclus în sistemul de prelucrare și comandă.

Modulația în impulsuri

În secțiunea anterioară a acestui capitol s-a arătat cum se folosesc tehnicile de extragerea punctului țintă, pentru a reduce banda de transmisie efectivă a informațiilor radar, astfel încît să poată fi transmise într-un sistem de transmisie cu bandă îngustă. De multe ori este necesar să se transmită informații primite de la traductor, care generează semnale analogice. Dacă astfel de informații analogice trebuie transmise fără modificări, este necesar un sistem de transmisie cu o bandă destul de largă, aceasta depinzînd de viteza de schimbare a caracteristicilor acestor informații. Oricum este mai convenabil să se facă conversia semnalelor în formă numerică, astfel încît să poată fi transmise pe o legătură cu banda îngustă și să se beneficieze de un raport semnal-zgomot cît mai mic, factor foarte important cînd este necesar un număr de repetori în sistemul de transmisie. În transmisia analogică atît zgomotul cît și semnalul citit sînt amplificate, în timp ce în transmisia de date numerice în impulsuri, zgomotul poate fi eliminat și se amplifică numai semnalul util.

În secțiunea ce se ocupă de aplicarea procedeelor de modulație la un semnal sinusoidal, cititorul își amintește că au fost remarcați trei parametri, funcție de care se poate realiza modulația: amplitudinea, frecvența și faza. În cazul transmisiei în impulsuri apar din nou cei trei parametri din care rezultă trei tipuri de transmisie:

(a) modulația impulsurilor în amplitudine,

(b) modulaţia impulsurilor în durată,
(c) modulaţia impulsurilor în poziţie.

Aceste trei procedee sînt ilustrate în fig. 2.20. În această diagramă semnalul de intrare este reprezentat de o undă sinusoidală, iar purtătoarea este ilustrată printr-un tren de impulsuri de amplitudine constantă. Trenul de impulsuri al purtătoarei eşantionează semnalul într-un număr limitat de puncte în timp, iar durata amplitudinii sau poziţia impulsului este variată în funcţie de amplitudinea semnalului. Modulaţia impulsurilor în amplitudine este efectiv încă un sistem de modulaţie analogic. Modulaţia impulsurilor în durată şi cea în poziţie au avantaje similare cu modulaţia în frecvenţă şi fază.

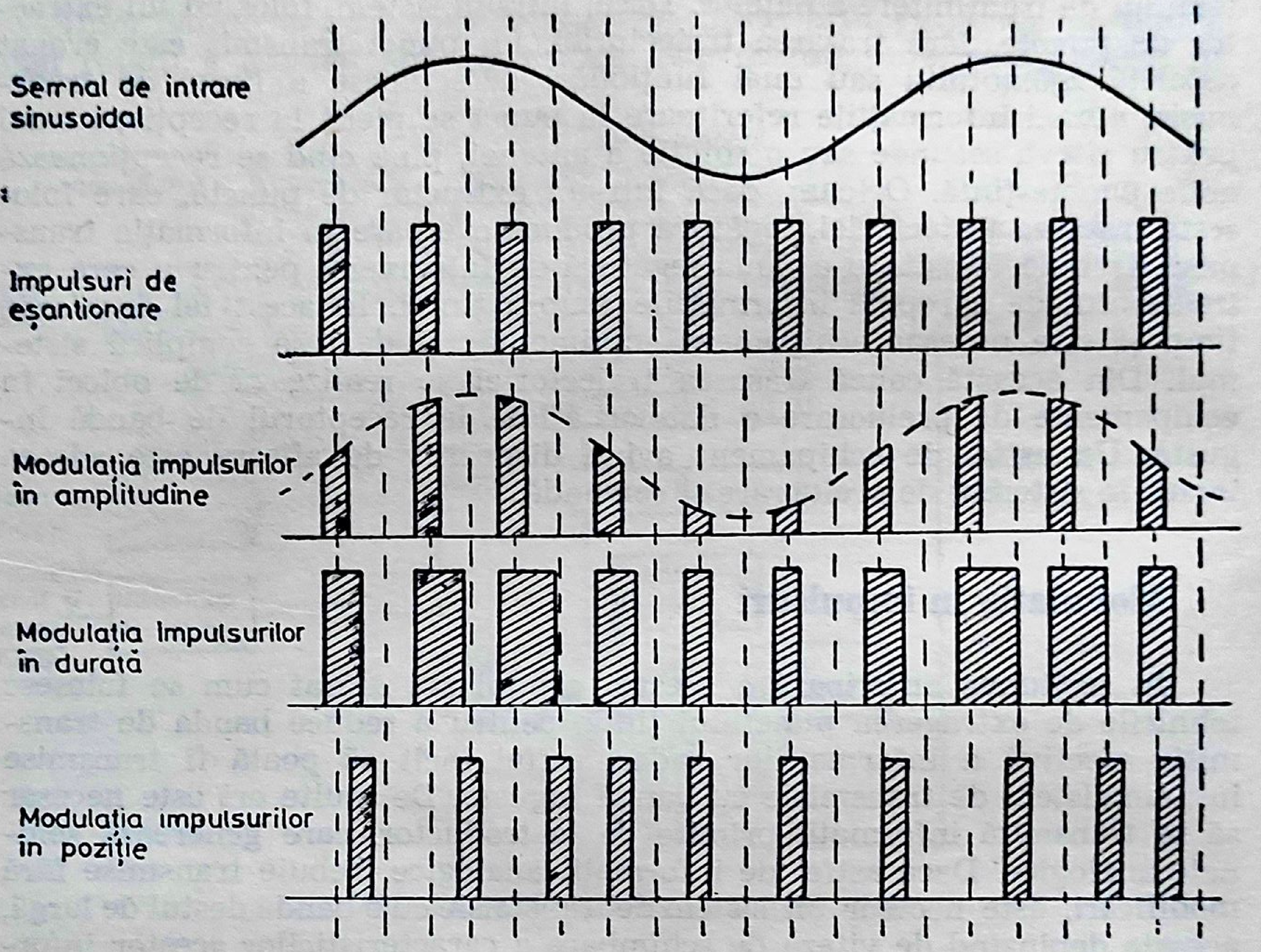

Semnal de intrare sinusoidal
Impulsuri de eşantionare
Modulaţia impulsurilor în amplitudine
Modulaţia impulsurilor în durată
Modulaţia impulsurilor în poziţie

Fig. 2.20. Trei tehnici de modulaţie a impulsurilor.

Suplimentar la aceste trei tipuri de modulaţie a impulsurilor se adaugă o categorie deosebită de modulaţie, cunoscute sub numele de modulaţia impulsurilor în cod. În cadrul acesteia semnalul analogic de transmisie este convertit într-o serie de numere binare şi este trimis într-o serie codificată de impulsuri similar cu transferul de informaţie într-un sistem de calcul numeric. Semnalul analogic este întîi cuantificat, de exemplu divizat într-un set limitat de valori discrete ale amplitudinii. Fig. 2.21 arată procesul *cuantificării* în care se folosesc opt valori pentru a reprezenta semnalul, iar amplitudinea semnalului poate fi astfel transmisă cu un număr de cod binar discret folosind de exemplu trei biti: „001“ pentru a defini valoarea. În practică se folosesc 128 valori discrete (cazul tipic). La capătul celălalt al legăturii impulsurile codificate binar sînt introduse într-un registru, după care folosind convertori numeric-analogici, se reconstituie cu aproximaţie destul de bună forma originală analogică a undei; cu cît este mai mare numărul de paşi de cuantificare, cu atît mai apropiat de original este rezultatul. Acest procedeu de modulaţie a impulsurilor în cod este aplicabil la transmisia telefonică şi permite multiplexarea cu divizare în timp a mai multor abonaţi pe un canal comun.

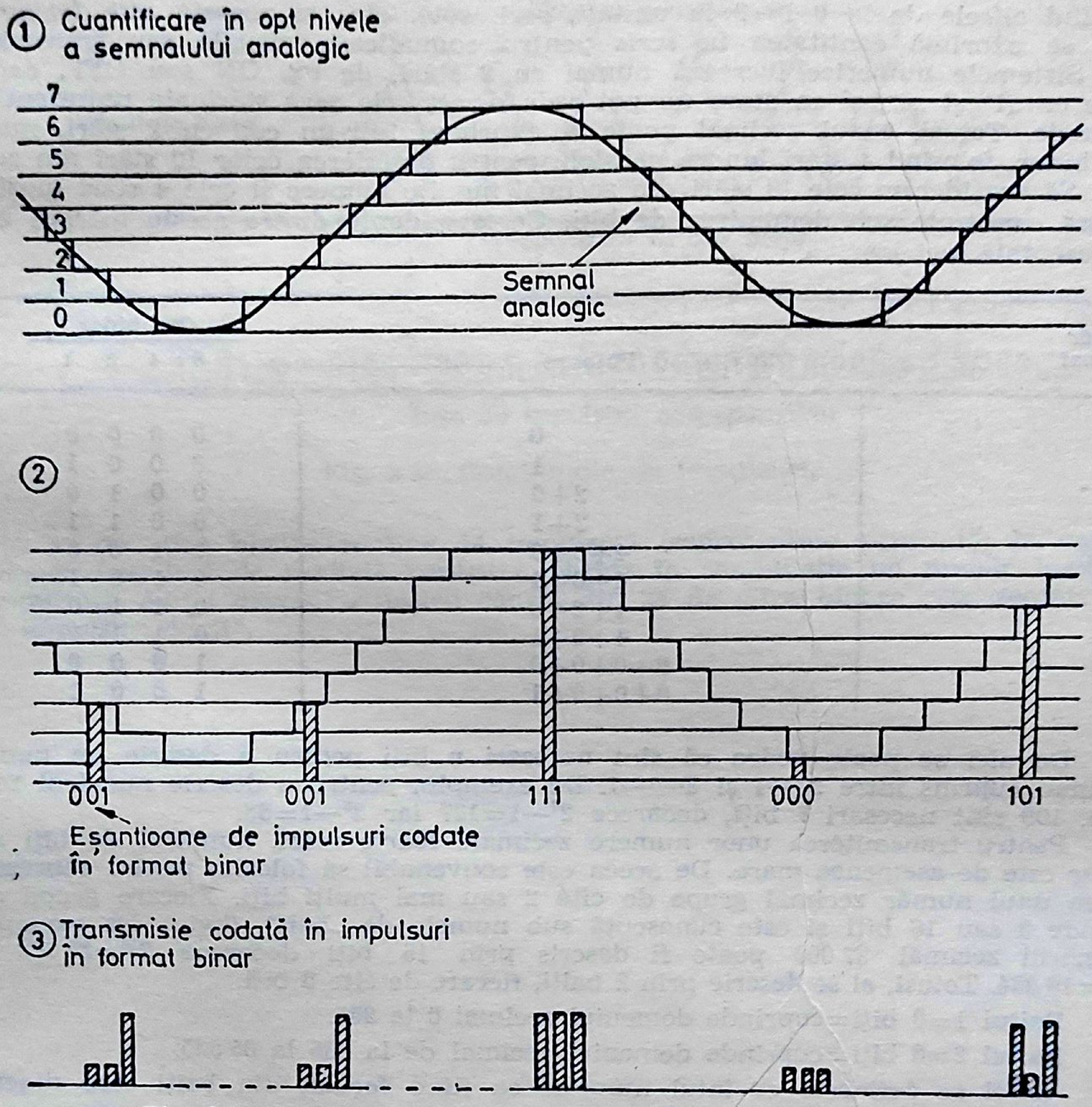

① Cuantificare în opt nivele a semnalului analogic
7
6
5
4
3
2
1
0
Semnal analogic
②
001
001
111
000
101
Eşantioane de impulsuri codate în format binar
③ Transmisie codată în impulsuri în format binar

Fig. 2.21. Cuantificarea în modulaţia impulsurilor în cod.

Anexă

Cuvinte numerice

Într-un sistem de transmitere de date, informația asociată unei cantități specifice, ca de exemplu domeniul în care poate fi atinsă ținta, este transmisă ca o informație numerică. Cantitatea poate fi exprimată în bază zecimală, de exemplu, folosind cifrele de la 0 la 9 în unități, zeci, sute, etc., și aceasta este forma în care se exprimă cantitatea în scris pentru comunicare vizuală sau transmisie.

Sistemele numerice lucrează numai cu 2 stări, de ex. ON sau OFF, exprimate ca „1“ și „0“, și ca atare nu pot reda direct cele zece stări ale reprezentării zecimale. Totuși, codul zecimal poate fi exprimat într-un cod cu 2 stări, numit cod binar, folosind 4 stări binare paralele pentru descrierea celor 10 stări din zecimal. Să considerăm cele 10 stări din zecimal numite numere și cele 4 stări (poziții) binare cunoscute sub denumirea de biți. Corespondența dintre aceste mărimi este reprezentată mai jos:

Număr zecimal	*Valoare* ⟶	*Cod binar*			
		8	4	2	1
0=	0	0	0	0	0
1=	1	0	0	0	1
2=	2+0	0	0	1	0
3=	2+1	0	0	1	1
4=	4+0+0	0	1	0	0
5=	4+0+1	0	1	0	1
6=	4+2+0	0	1	1	0
7=	4+2+1	0	1	1	1
8=	8+0+0+0	1	0	0	0
9=	8+0+0+1	1	0	0	1

De aici se poate vedea că sînt necesari *n* biți pentru a descrie un număr zecimal cuprins între $2^{n}-1$ și $2^{nm}-1$. De exemplu, pentru a descrie numărul zecimal, 109 sînt necesari 7 biți, deoarece $2^{7}-1=127$ iar $2^{6}-1=63$.

Pentru transmiterea unor numere zecimale foarte mari, numărul de biți necesar este de asemenea mare. De aceea este convenabil să folosim pentru reprezentarea unui număr zecimal grupe de cîte 2 sau mai mulți biți. Fiecare grupă cuprinde 8 sau 16 biți și este cunoscută sub numele de „bait“, (byte). De exemplu, numărul zecimal 27 000 poate fi descris prin 15 biți deoarece $2^{13}=32\,768$ și $2^{14}=16\,384$. Totuși, el se descrie prin 2 baiți, fiecare de cîte 8 biți.

Baitul 1=8 biți=cuprinde domeniul zecimal 0 la 255.

Baitul 2=8 biți=cuprinde domeniul zecimal de la 255 la 65 535.

Astfel se definește cuvîntul numeric ca fiind format din baiți care descriu una sau mai multe cantități specifice.

Registrul de memorie al unui calculator memorează unități de informație sau cuvinte care pot consta fie din date numerice (sau alfanumerice) fie din instrucțiuni.

Numerele utilizate în calculatoare pot avea de la opt la zece cifre zecimale. Pentru fiecare număr zecimal codat binar prin patru cifre binare sînt necesari 32 pînă la 40 biți. În plus, pentru reprezentarea semnului numărului (+ sau —) sînt necesari unul sau mai mulți biți, iar pentru a verifica corectitudinea numărului de impulsuri transmise este necesar un „*bit de paritate*“. Acesta este un impuls simplu de verificare care este adăugat atunci cînd numărul de impulsuri este par, pentru a face numărul total de impulsuri impar. În acest fel controlul de paritate permite detectarea erorilor datorate unor impulsuri parazite sau a pierderii unor impulsuri în timpul transmisiei unei combinații de impulsuri.

Figura 2.22 ilustrează o combinație de impulsuri obținută prin codarea binară a cifrelor zecimale de la 1 la 8 (într-o corespondență de patru cifre binare la fiecare cifră zecimală la care s-a adăugat bitul de semn (pozitiv). Rezultatul format din 33 de cifre binare conține 14 impulsuri (reprezentate prin „1“) la care se adaugă impulsul de paritate pentru a obține în combinație un număr impar de impulsuri. Astfel exemplul nostru constă din 34 de cifre binare reprezentate prin 15 impulsuri de „1“.

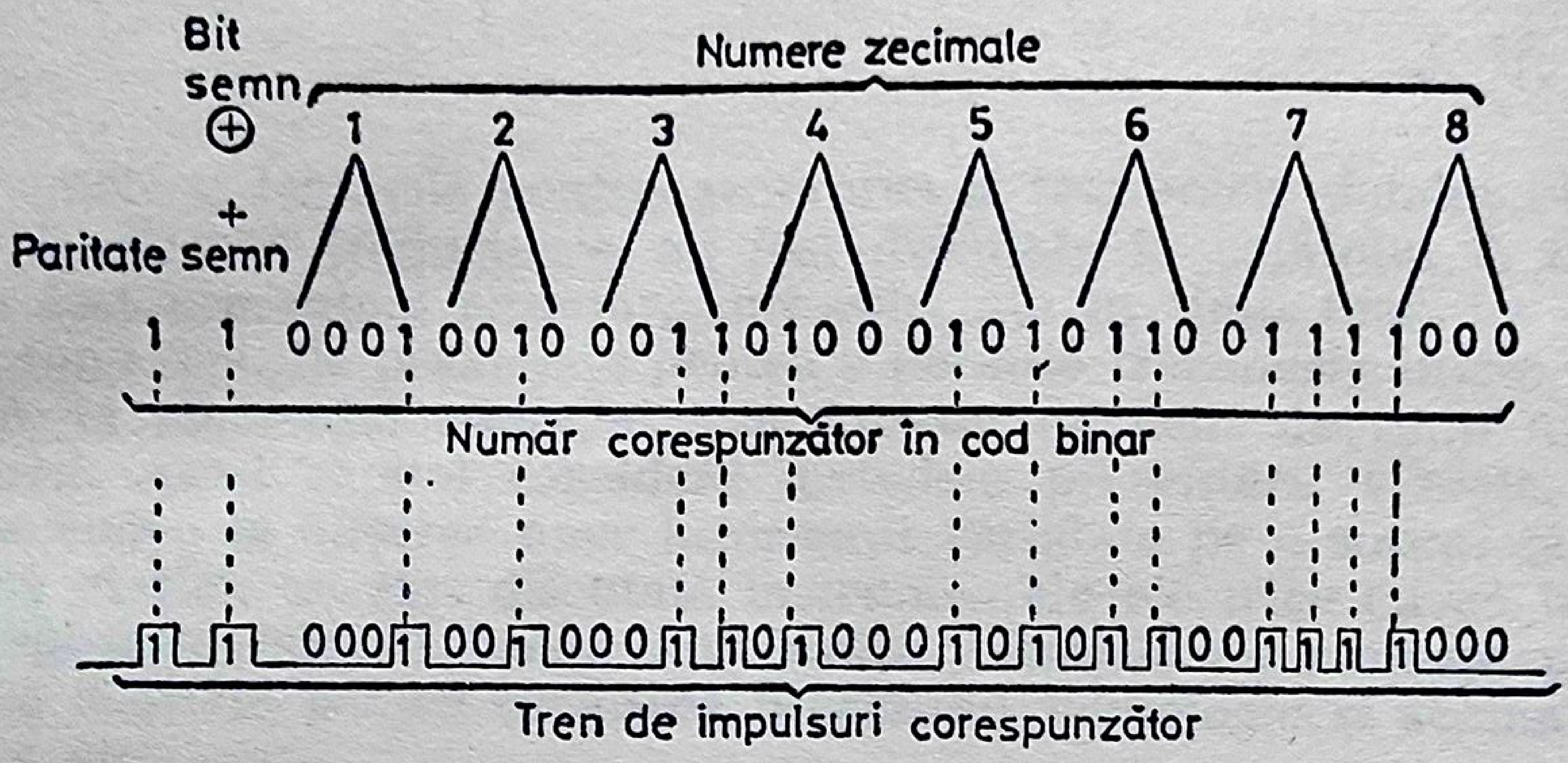

Bit semn
⊕
Numere zecimale
1
2
3
4
5
6
7
8
+
Paritate semn
1 1 0001 0010 0011 0100 0101 0110 0111 1000
Număr corespunzător în cod binar
1 1 000 1 00 1 000 1 1 0 1 000 1 0 1 0 1 1 00 1 1 1 1 000
Tren de impulsuri corespunzător

Fig. 2.22. Combinație de impulsuri.

3

AFIŞAREA DATELOR ELECTRONICE

J. H. Rowe

Sistemele şi tehnicile pentru generarea şi transmisia datelor electronice de la diferite traductoare, au fost discutate în capitolul 2. Datele, care au fost prezentate anterior, sînt colectate în timp real, fie transmise în timp real, fie prelucrate pentru a permite transmisia într-o formă sintetică, în momentul recepţiei, sau într-un moment de timp ulterior convenabil. Acest capitol consideră metodele prezentării vizuale, referindu-se numai la afişarea unor informaţii variabile pe o suprafaţă relativ plană. Astfel, nu sînt discutate instrumentele electrice cu ac indicator, înregistratoarele cu bandă sau peniţă, afişajele cu marcaje pictate ca acelea utilizate pentru indicarea procesului tehnologic şi semnalizării feroviare, etc.

Tipul datelor considerate poate include:

a) variabile în timp, ca de pildă amplitudinile semnalelor;

b) informaţii de poziţie, ca cele recepţionate de la sensorii radarului;

c) informaţii picturale, ca desene liniare, şi

d) informaţii numerice şi literale, ca de pildă acelea de la ieşirea sistemelor de calcul sau datele radiolocatorului panoramic secundar de control de la nave şi avioane.

Dintre acestea, numai b), c), şi d) reprezintă un interes special. Osciloscoapele, deşi sînt de o importanţă majoră, se poate presupune că aparţin unei categorii speciale, astfel încît conţinutul capitolelor următoare se referă la afişajele pe tub catodic şi se consideră că se poate aplica implicit la osciloscoape.

Afişajele alfanumerice captive

Înainte de prezentarea afişajelor cu tub catodic, ar trebui să fie menţionate cîteva alte tipuri deoarece deşi tubul catodic este cel mai larg folosit în domeniul considerat, totuşi, se depun în continuare eforturi de a produce un alt tip de afişaj, chiar numai pentru aplicaţii particulare. În mod normal, tubul catodic nu poate fi luat în considerare pentru realizarea unor afişaje numerice într-un singur panou, ca de pildă pentru calculatoarele de birou. Pentru calculatoare electronice sau pentru voltmetre digitale, s-a utilizat mult timp o varietate de indicatoare numerice simple, pînă de curînd, cînd au apărut afişajele cu semiconductoare.

Acestea pot fi considerate ca dispozitive monopoziţie captive, deoarece fiecare asigură o singură literă sau cifră într-o poziţie fixată. Un grup de astfel de indicatoare în linie, ar putea să fie folosit pentru afişajul unui calculator sau voltmetru, care necesită cîteva ranguri. Cel mai folosit tip de indicator numeric este cel cu catod rece. Acesta este un tub cu descărcare în neon, cu zece electrozi din sîrmă avînd forma cifrelor de la 0 la 9 şi fiind legat fiecare la un pin al conectorului. Cifrele sînt dispuse în profunzime, astfel încît oricare este adresată, se va vedea roşu incandescent, în timp ce toate celelalte rămîn stinse. Cea mai apropiată cifră se află lîngă fereastră, iar cea mai depărtată la circa 1 cm în spate. O cifră este selectată prin energizarea pinului de intrare corespunzător.

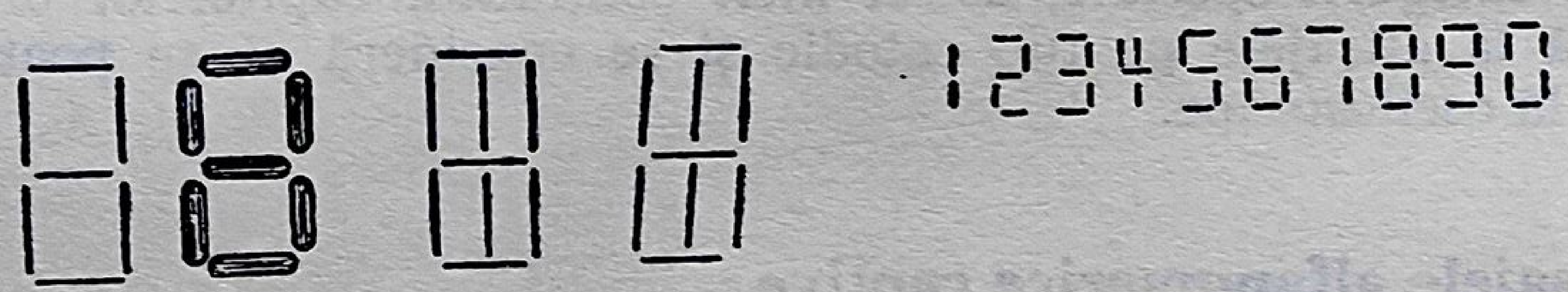
Denumirile uzuale date de producători sînt Nixie şi Digitron.

Alte indicatoare captive monocifră, conţin un pachet de 10 mici plăci acrilice, fiecare avînd gravată cîte o cifră. Iluminarea marginală a oricărei plăci produce evidenţierea cifrei respective gravată pe placă. Alt tip de afişaj conţine cu film cu 10 mici cifre imprimate pe el. Un bec în spatele fiecărei cifre şi o lentilă în faţă, produc o imagine mărită a oricărei cifre pe partea anterioară mată a ferestrei.

Aceste dispozitive au fost utilizate cîţiva ani.

Indicatoarele cu semiconductoare sînt de asemenea disponibile, ca de pildă panouri electroluminiscente şi diode emiţătoare de lumină cu fosfură de galiu. Au apărut dispozitive numite supape de lumină, ale căror proprietăţi de transmisie a luminii variază cu cîmpul electric aplicat. Aceste dispozitive includ celulele Kerr, cristalele solide ADP şi KDP, folosite între polarizoare încrucişate, şi cristale organice lichide, unele între polaroizi, altele prin difuzie. Acestea nu vor fi analizate în detaliu aici.

Se pot prezenta complet caractere sau cuvinte, dacă nu e necesară o selectare; acestea se pot construi prin selectarea dintr-o zonă de linii drepte ca în figura 3.1, sau prin selectarea de puncte dintr-o matrice, care pentru un caracter are un format de 7 puncte înălţime şi 5 puncte lăţime, sau mai mare. Orice număr de puncte din cele 35 poate fi excitat pentru a forma configuraţia dorită.



(a) 7 segmente (b) 9 segmente (c) Simboluri tipice

Fig. 3.1. Indicatoare din 7 şi 9 segmente.

O opinie larg exprimată, este aceea că diodele emiţătoare de lumină nu sînt economice pentru realizarea unor panouri mari de afişare şi deşi sînt disponibile deja ca litere simple sau cuvinte totuşi există tendinţa generalizării sistemelor cu descărcare în gaz pentru afişaje mari. Oricum, diodele luminoase sînt atractive din punct de vedere tehnic, deoarece funcţionează cu tensiuni foarte mici şi sînt complet compatibile cu circuitele integrate logice. Utilizarea lor a fost extinsă de la un singur rînd la o zonă prin baleierea cu ajutorul unor oglinzi sau prisme oscilante.

În prezent se livrează matrici cu descărcare în gaz compacte de 4 sau 6 linii de circa 50 de spaţii de cîte o literă cu circuitele de decodificare necesare corespunzătoare pentru utilizare cu tastatura maşinii de scris electrice. Este de asemenea disponibil, un afişaj de 16 cifre alcătuit din indicatoare de 9 segmente, completat cu circuitele de adresare, pentru afişajul calculatoarelor de birou. O problemă care apare la astfel de afişaje este aceea a conexiunilor externe. Un panou de 16 cifre fiecare oferind o selecţie de 9 conexiuni, ca în figura 3.1 (b) ar necesita cel puţin 145 de conexiuni. S-au căutat cu ingeniozitate diverse căi de a reduce acest număr dintre care una constă din vizualizarea unui digit la un moment dat, într-o secvenţă suficient de rapidă astfel încît ochiul să sesizeze o lumină continuă. Pentru a realiza această funcţionare secvenţială a afişajului cu 16 cifre, conexiunea la fiecare din cei 16 anozi este montată separat şi toate secţiunile catodului similar plasate (electrozii cu linie vizibilă) sînt conectate împreună, cele 9 conexiuni fiind scoase afară. Anozii sînt energizaţi în ordine, unul la un moment în timp ce conexiunile catodului corespunzător sînt selectate în pas cu comutarea anodului. Scopul acestei cărţi nu este de a prezenta circuite complete, dar, pe scurt, codul reprezentînd secvenţa necesară de cifre trebuie să fie ţinut într-o memorie ciclică adică o memorie cu semiconductoare, care este baleiată ciclic de circa 40 de ori pe secundă, în sincronism cu conectarea anozilor. Funcţionarea este similară cu aceea a unui comutator rotativ multiplu, la care un contact conectează anozii, în timp ce alte contacte conectează catozii corespunzători. La fiecare rotaţie a axului se va repeta setul de cifre.

În acest caz memoria ciclică prezintă un program fixat, deoarece memoria constă din conexiuni cablate. De obicei memoria este controlată de un calculator sau de o altă sursă de date şi conţine cele mai recente informaţii.

Afişaje mozaic

Panourile de afişare de tip mozaic, oferă desigur o flexibilitate mai mare, deoarece se pot plasa în orice zonă a panoului caractere de diferite mărimi. Astfel afişajul nu mai este captiv, deşi formatul de puncte impune o limitare a formelor care pot fi figurate; totuşi pentru date alfanumerice, afişajul este universal. Acesta poate fi văzut în formele sale cele mai simple la afişajele tip bandă circulantă, de pildă la Londra (Waterloo Station) şi la New York (Times Square).

Exceptînd afişajele publice mari, care mai sînt încă constituite din reţele de becuri, cele mai promiţătoare panouri de afişare mari par să devină afişajele mozaic cu descărcare în gaze. Acestea pot fi adresate carthesian adică orice punct de pe suprafaţă poate fi definit prin două variabile — numărul de coloane considerat pe orizontală faţă de un colţ, şi numărul de rînduri considerat pe verticală în sus. De exemplu, un panou poate să aibă 512 conductori egal spaţiaţi pe orizontală şi 512 conductori egal spaţiaţi pe verticală. Pentru oricare pereche, se poate amplasa o sursă de lumină în punctul de intersecţie, care e alimentată o dată cu cele două fire conductoare. Deci oricare combinaţie de puncte poate fi iluminată, producînd orice configuraţie dorită în cadrul rezoluţiei asigurate de cele 512 linii în ambele direcţii. Desigur numărul liniilor poate fi mai mare. Un astfel de panou, utilizînd descărcarea în gaz este deja fabricat de o firmă americană şi se lucrează la realizarea unor tipuri uşor diferite în Europa.

Adresarea afişajelor mozaic

Numărul conexiunilor de ieşire ale panoului trebuie să fie minimizat. Prin urmare, dacă e posibil, selecţia conductorilor trebuie să fie realizată în limitele panoului. După logica binară, numărul de conexiuni necesar pentru a selecta 1 din 512, este 9. Astfel sînt necesare 19 conexiuni (dintre care una pentru masă) pentru a adresa un panou de 512×512 elemente. Dacă s-ar dubla numărul de elemente pe fiecare axă, ar fi necesare numai 2 conexiuni în plus.

Poate că ar fi oportun să fie extinse observaţiile din anexa capitolului 2, despre notaţia binară. În notaţia zecimală, fiecare simbol poate să ia zece valori distincte. Cînd numărul creşte, simbolul rangului cel mai puţin semnificativ (unităţile) trece prin zece stări diferite, apoi revine la zero, iar valoarea rangului următor (zecile) creşte cu unu, şi aşa mai departe pentru sute, mii etc. În numărătoarea binară fiecare cifră are numai două valori, 0 şi 1, corespunzător de exemplu, la stările unei linii, alimentate în tensiune sau nu. Cînd cifra rangului cel mai puţin semnificativ trece din 0 în 1 şi ciclul este complet, cifra rangului următor va creşte cu unu. Astfel în tabelul de mai jos se dă o ilustrare a numerelor binare şi zecimale.

Zecimal	Binar	Zecimal	Binar	Zecimal	Binar	Zecimal	Binar
0	0	4	100	8	1 000	12	1 100
1	1	5	101	9	1 001	13	1 101
2	10	6	110	10	1 010	14	1 110
3	11	7	111	11	1 011	15	1 111
						16	10 000
							etc.

Se observă că în sistemul zecimal, *n* cifre pot să descrie 10^n numere diferite. Relaţia corespunzătoare pentru sistemul binar este că *n* cifre pot să descrie 2^n numere. Astfel tabelul acoperă pînă la 4 cifre, descriind 2^4 sau 16 valori, adică de la 0 la 15 inclusiv. Similar 9 cifre pot să descrie toate numerele pînă la 511, deci 512 valori. Acesta este denumit un număr de 9 biţi, iar cele nouă linii, fiecare avînd una din cele două stări, pot fi denumite magistrala de 9 biţi, deoarece aceasta transportă 9 cifre binare.

Aceste notaţii au fost adoptate pentru toate calculatoarele digitale şi în general sînt utilizate în sisteme de comandă şi afişare ca cele prezentate aici, deoarece cerinţa principală pentru aceste dispozitive este de a avea două stări, în conducţie sau fără conducţie, alimentat sau nealimentat.

Revenind la panoul de afişare cu matrice, se poate ilustra metoda de selecţie a oricărui conductor prin magistrala binară corespunzătoare, adică modul de adresare pentru o configuraţie a datelor.

Trebuie să se sublinieze că metoda simplificată prezentată are numai un caracter ilustrativ; metodele folosite în direct se bazează pe tehnologia circuitelor integrate, metode care nu sînt descrise în această carte.

În figura 3.2 se arată o magistrală de 4 biţi la care fiecare conexiune de intrare comandă o bobină de releu. Fiecare bobină acţionează un singur contact inversor, figurat în starea iniţială. Contactele de releu se conectează la OV, astfel încît închiderea oricărui contact menţine linia conectată la OV. Fiecare linie de ieşire care urmează să fie selectată este conectată printr-o rezistenţă R la tensiunea pozitivă de alimentare $+V_s$. Dacă nici o altă conexiune n-ar fi făcută la o linie, atunci aceasta ar fi alimentată la $+V_s$. La fiecare linie este conectată o poartă logică cu 4 diode dispuse astfel încît să conducă curentul dinspre linie (adoptînd convenţia de scurgere a curentului de la tensiunea pozitivă spre cea negativă). Astfel, dacă oricare diodă din 4 este conectată la OV, atunci linia nu este alimentată. Numai cînd toate cele 4 diode vor fi conectate atunci linia va fi alimentată la $+V_s$.

În figura 3.2 starea arătată este pentru intrarea 0000, şi se observă că numai prima linie poate să fie alimentată, deoarece pentru toate celelalte porţi logice, cel puţin o diodă este conectată la OV. În figură se prezintă numai şase linii de ieşire, deşi cu o magistrală de intrare de 4 biţi, se poate selecta oricare linie din 16. În acest mod o selectare din 512 conductoare se poate realiza cu o magistrală de 9 biţi.

O pereche de magistrale de 9 biţi poate desigur, să adreseze numai un punct la un moment de timp, şi numai dacă elementele unei matrici odată excitate sînt autoîntreţinute, poate fi trasată o configuraţie punct cu punct. Ca şi în cazul afişajelor numerice deja discutate, informaţia trebuie să fie stocată într-o memorie ciclică care este baleiată de 40 de ori pe secundă. Există desigur o oarecare pierdere în luminozitate în special pentru volume mari de date, deoarece în acest caz partea din timpul total în care fiecare punct emite lumină este mai mică.

Oricum, în prezent sînt disponibile panouri de afişare cu descărcare în plasmă şi gaz cu autoîntreţinere la care, o descărcare amorsată continuă să emită lumină. Astfel, nu există nici o pierdere în luminozitate şi memoria trebuie să fie baleiată numai dacă există o modificare a datelor. Însă un astfel de afişaj n-ar fi util dacă n-ar exista posibilitatea extinderii rapide a descărcărilor înainte ca să fie generate informaţii noi. Memoria ciclică deşi e baleiată cu o frecvenţă mai mică, mai este încă necesară.

Aşa cum s-a explicat anterior nu este de presupus ca în viitorul apropiat să se introducă reţele mari de afişare cu diode luminiscente din fosfură de galiu, sau arseniură de galiu; totuşi este de aşteptat că vor fi produse noi tipuri de componente avantajoase pentru panouri mari de afişare.

În general, informaţiile recepţionate de la un punct terminal, vor fi transmise, printr-un canal sau printr-o linie, şi nu printr-o magistrală

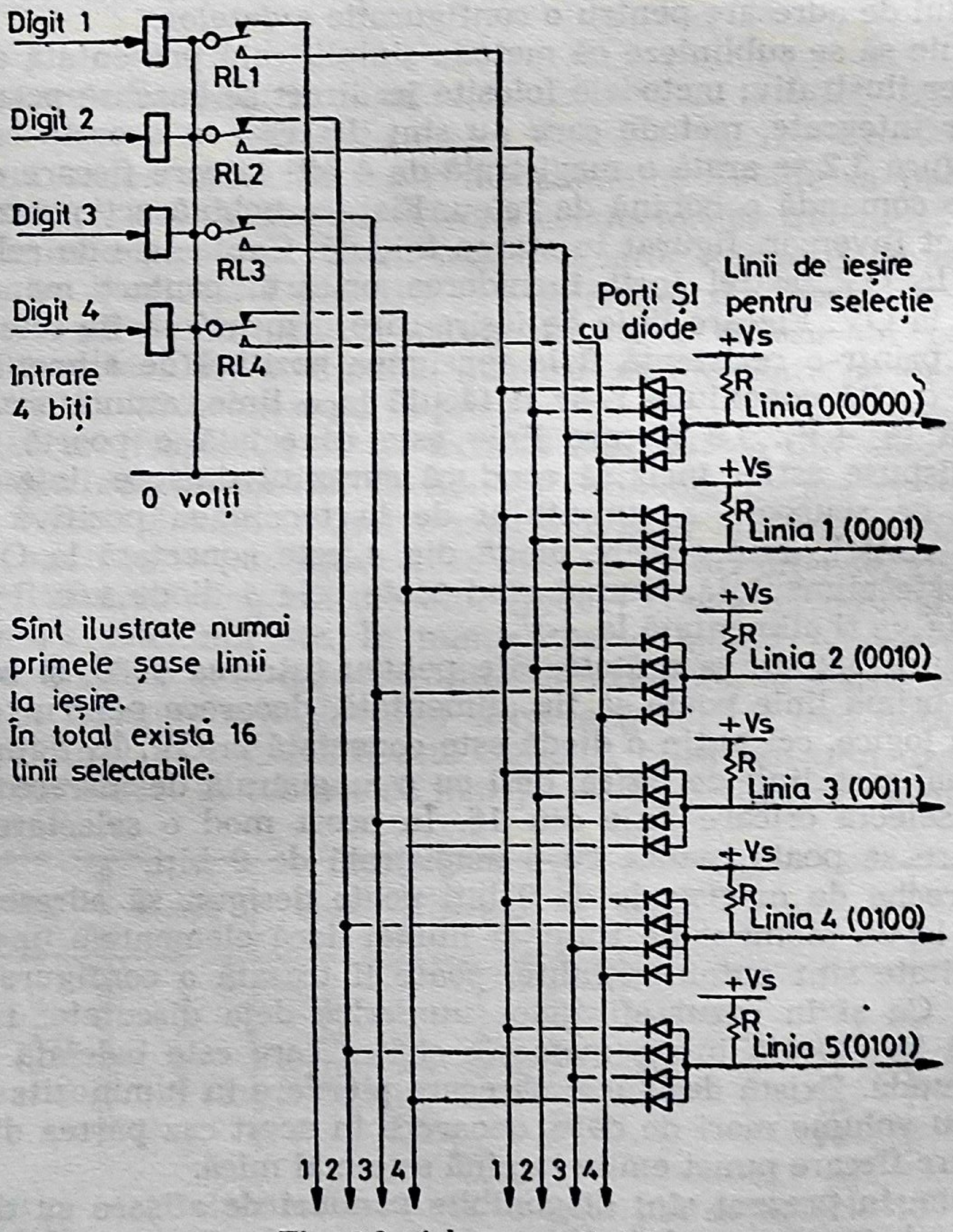

Digit 1
RL1
Digit 2
RL2
Digit 3
RL3
Digit 4
RL4
Intrare
4 biți
0 volți
Sînt ilustrate numai primele șase linii la ieșire.
În total există 16 linii selectabile.
Porți ȘI cu diode
Linii de ieșire pentru selecție
+Vs
R
Linia 0(0000)
+Vs
R
Linia 1 (0001)
+Vs
R
Linia 2 (0010)
+Vs
R
Linia 3 (0011)
+Vs
R
Linia 4 (0100)
+Vs
R
Linia 5(0101)
1 2 3 4
1 2 3 4

Fig. 3.2. Adresarea liniei.

multibit. Aceste date ar fi dispuse prin urmare într-o formă secvenţială, fiind transmise serii de litere sau grupuri de cuvinte, împreună cu informaţiile poziţionale necesare, către memoria ciclică, a cărei ieşire comandă afişajul propriu-zis.

Alte efecte exploatabile

Înainte de a se discuta despre tubul catodic, se vor prezenta alte două aplicaţii. Una dintre acestea se bazează pe rotaţia planului de polarizare a luminii transmise sau reflectate de un film de bismut-mangan sub influenţa unui cîmp magnetic. Zonele magnetizate devin vizibile ca regiuni luminoase şi întunecate, cînd sînt iluminate de lumina polarizată, şi vizualizate printr-un analizor.

A doua aplicaţie, utilizează de asemenea efectele magnetice şi se cunoaşte sub denumirea de „domeniu cu dungi“ (striped domain). Particulele magnetice, suspendate într-un strat subţire de fluid, pot fi dispuse sub influenţa unui cîmp magnetic în forma unor linii paralele care acţionează ca o reţea de difracţie. Cînd se vizualizează în lumină monocromatică la un unghi corespunzător aceasta produce prin interferenţă o configuraţie de zone întunecate şi luminoase. Se poate trasa orice configuraţie şi aceasta rămîne permanent pînă are loc o ştergere magnetică.

Există deci, un cîmp larg pentru dezvoltarea combinată de metode logice cu dispozitive tip matrice care vor înlocui tuburile catodice în unele aplicaţii.

Tubul catodic

Se observă că aproape toate dispozitivele discutate sînt în mod esenţial digitale. Poziţiile în care spotul luminos poate fi localizat, sînt predeterminate; o configuraţie poate să fie aproximată numai atît cît permite matricea. În plus, un punct are numai două stări — prezent sau absent.

Tubul catodic, pe de altă parte, este un dispozitiv complet analogic. Numai dacă ecranul fluorescent are o structură punctiformă, ca pentru televiziunea în culori, utilizatorul are o libertate completă de a localiza un spot luminos în orice parte a suprafeţei de lucru; sau de a trasa orice formă cu un spot mobil. De asemenea luminozitatea spotului poate să varieze treptat într-o plajă de la zero la maximum pentru tubul considerat. Această diferenţă este importantă.

Tubul catodic este analizat în detaliu în capitolul 4, în acest paragraf fiind dată numai o descriere de bază. Pentru simplitate se presupune un sistem idealizat, fără distorsiuni şi limitări. Tubul catodic este o incintă de sticlă vidată, avînd o suprafaţă aproape plată la un capăt şi un tun electronic la celălalt. Tunul electronic produce un flux subţire de electroni de mare viteză care converge la un punct pe suprafaţa plată. Acea suprafaţă, ecranul, este acoperită cu un material fluorescent, de obicei fosfor, care străluceşte sub impactul cu electronii. Tubul este echipat cu o grilă pentru a comanda fasciculul de electroni, adică densitatea fluxului de electroni direcţionaţi spre ecran, astfel încît se poate controla luminozitatea spotului. Totodată se asigură mijloacele de deflexie a fasciculului de electroni fie electrostatic, fie electromagnetic.

Deflexia electrostatică este aproape exclusiv aplicată la tuburile de osciloscop cu unghi mic. Fasciculul de electroni trece printre 2 plăci de deflexie paralele. Cînd o placă este mai pozitivă decît cealaltă, fasciculul, şi deci spotul pe ecran, se deplasează către placa pozitivă. De obicei se plasează a doua pereche de plăci, în unghi drept faţă de prima, astfel, încît să se realizeze o deflexie în coordonate cartesiene.

Deflexia electromagnetică, de obicei, utilizată cu tuburi cu unghi mare, ca de pildă pentru radar sau televiziune, este produsă prin generarea unui cîmp magnetic transversal faţă de axa tubului. Deflexia este perpendiculară la cîmp, ca în cazul motorului electric. O bobină de deflexie sau mai multe sînt dispuse ca la statorul motorului a.c., uneori într-un miez crestat dintr-un material magnetic moale, alteori într-un inel plan.

Cînd sînt folosite 2 bobine perpendiculare, acestea pot fi dispuse în acelaşi miez magnetic, dînd astfel senzitivităţi de deflexie egale. Aceasta nu este posibil cu plăcile de deflexie electrostatice deoarece o pereche de plăci este amplasată după prima pereche de-a lungul căii fasciculului. Prin urmare senzitivităţile sînt inegale, deoarece centrul de deflexie pe o axă se află la o distanţă mai mare de ecran decît celălalt centru.

Deflexia electromagnetică necesită un amplificator de deflexie special, dacă deflexia trebuie să fie proporţională cu tensiunea aplicată, ca în cazul aplicaţiilor de tip radar. De fapt acesta este un convertor tensiune-curent. În cele ce urmează, se va presupune că amplificatoarele de deflexie sînt instalate, şi că este necesar să se aplice numai un semnal tensiune. Deşi nu este riguros adevărat, se va presupune totodată că deflexia este strict proporţională cu tensiunea aplicată.

Spotul nedeviat cade aproape de centrul ecranului şi, dacă sînt folosite bobine de deflexie perpendiculare, poziţia în care este deviat spotul este complet carteziană, necesitînd numai tensiunile corespunzătoare, pozitive sau negative, care să fie aplicate la terminalele X şi Y de deflexie.

În plus, luminozitatea spotului este sub controlul unei grile printr-un amplificator video, astfel încît spotul poate fi poziţionat înainte ca el să devină vizibil. Astfel metoda de adresare a spotului este chiar diferită de aceea a panourilor tip matrice deja discutate. Într-adevăr, termenul adresare nu este în general întrebuinţat de către utilizatorii tubului catodic.

Alt punct important este acela că, exceptînd cazul tubului cu memorie cu vizualizare directă, spotul (iluminat) poate să ocupe numai o poziţie la un moment de timp dat, astfel încît trebuie să se proiecteze orice configuraţie care se afişează şi trebuie să se repete rapid configuraţia pentru a produce iluzia unei imagini staţionare. Această condiţie poate fi îmbunătăţită într-un anumit grad prin utilizarea fosforului cu mare persistenţă, dar chiar cu cea mai mare persistenţă, luminozitatea spotului descreşte rapid, după ce excitaţia a încetat. Alte tipuri de tuburi catodice vor fi prezentate sumar ulterior.

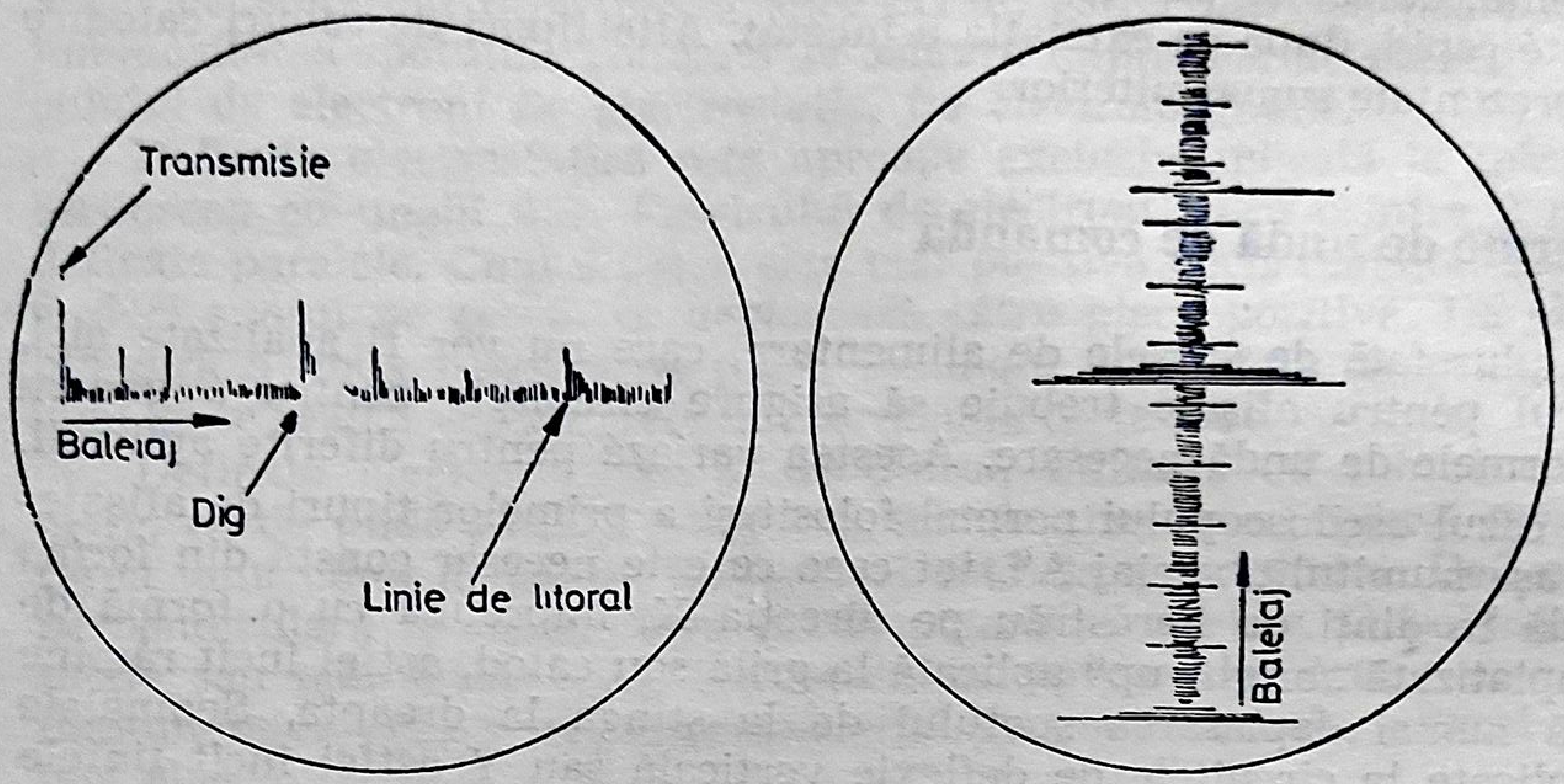
Forme de undă de comandă

În plus faţă de sursele de alimentare, care nu vor fi analizate aici, inginerul pentru afişaje trebuie să asigure circuitele pentru a genera toate formele de undă necesare. Acestea variază pentru diferite aplicaţii.

În cazul osciloscopului normal folosit şi a primelor tipuri de afişaje-radar, aşa numitul „baleiaj A“, tot ceea ce este necesar constă din forma de undă în dinţi de fierăstrău pe direcţia X, împreună cu o formă de undă aplatizată „bright-up“ aplicată la grilă sau catod, astfel încît rămîne vizibilă numai deplasarea spotului de la stînga la dreapta. Semnalele sînt aplicate la circuitele de deflexie verticală sau Y astfel încît ţintele urmărite de radar apar, de exemplu, ca vîrfuri de semnale verticale de-a lungul liniei orizontale. Astfel în fig. 3.3, sînt ilustrate şi alte tipuri de afişaje. Pentru a schimba scala de control a ţintelor apropiate sau depărtate, frecvenţa de variaţie a tensiunii de deflexie este comutabilă. În cazul radarului, startul deplasării spotului trebuie să fie sincronizat precis cu transmisiile radar, şi poate fi utilizat un circuit integrator foarte simplu, conţinînd o sursă de curent constant care alimentează un condensator. Condensatorul este menţinut descărcat cu ajutorul unui tranzistor în conducţie sau a unei diode pînă în momentul transmisiei, curentul constant nefiind perturbat. Tranzistorul se blochează pentru perioada baleierii şi apoi descarcă condensatorul din nou. Domeniul scalei poate fi schimbat fie prin comutarea unor condensatoare suplimentare fie prin comutarea curentului constant.

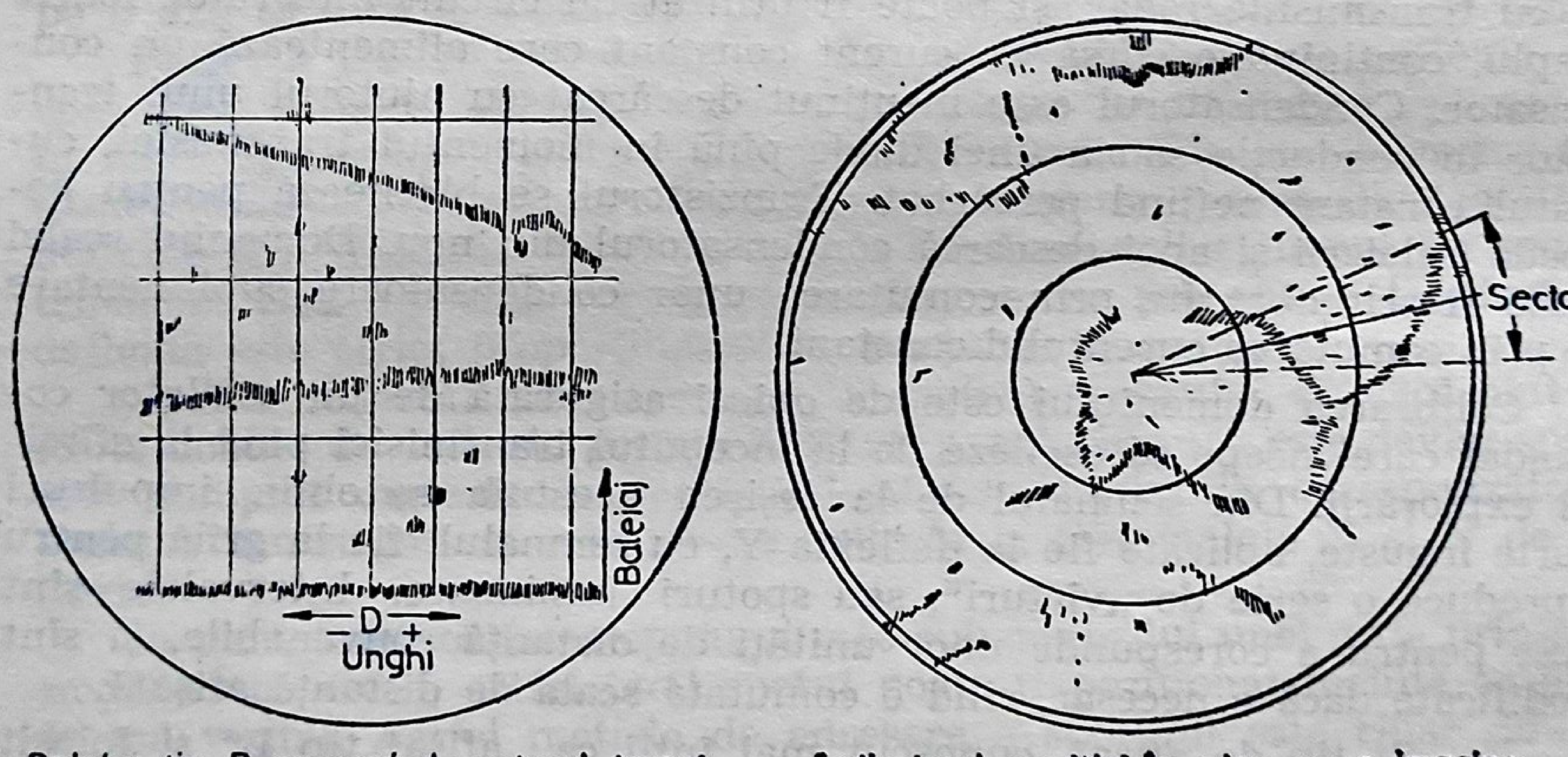
Calibrarea domeniului este de obicei asigurată de un oscilator comandat care începe să oscileze de la începutul transmisiei pînă la sfîrşitul explorării. Din semnalul de la ieşirea acestuia se obţin impulsuri foarte înguste, aplicate fie la deflexia Y, cu semnalul, fie la grilă pentru a produce o serie de „vîrfuri“, sau spoturi luminoase. Intervalele sînt alese pentru a corespunde unor unităţi de distanţă convenabile, şi sînt modificate dacă e necesar, cînd e comutată scala de distanţă afişată.

Un alt tip de afişaj, cunoscut mai întîi ca „afişaj tip L“ şi folosit pentru reîntoarcerea la bază a avioanelor trimise după o ţintă, utilizează de asemenea un baleiaj linear similar, calibrat în distanţă, dar dispus după direcţia verticală. Receptorul a fost comutat alternativ între antena din partea de babord a avionului şi aceea de la tribord, în timp ce semnalele au fost prezentate pentru deflexie, respectiv la stînga şi la dreapta. Astfel ţinta a fost observată deplasată în sus pe linie la o distanţă proporţională cu depărtarea sa, cît două deflexii, la stînga şi la dreapta. Cînd avionul a fost condus către ţintă, deflexiile au fost de lungime



Baleiaj tip A de-a lungul liniei solide din indicatorul de poziţie de mai jos. Indică numai un relevment la un moment dat. Nu indică marcajul distanţei. Se observă zgomotul.

Baleiaj tip L indicînd marcajul distanţei. Avionul la relevmentul ţintei, 5,4 km de asemenea pentru o ţintă la 8,5 km Se observă zgomotul.



Baleiaj tip B acoperind sectorul trasat punctat pe indicatorul poziţiei în plan. Marcaje de distanţă la 1/4 km. Marcajele pentru unghiuri sînt linii verticale

Indicatorul poziţiei în plan cu o imagine de la mică distanţă dinspre navă spre port. Sînt vizibile linia litoralului, case, nave şi balize. Marcaje de distanţă la 1/4 km

Fig. 3.3. Afişaje tipice de diferite moduri.

egală, iar cînd a fost condus la stînga sau la dreapta ţintei, o deflexie a fost mai mare decît cealaltă. Aceasta se ilustrează în fig. 3.3.

„Baleiajul de tip B“ a fost utilizat uneori pentru radarul cu explorarea sectorului. Deflexia verticală a fost proporţională cu distanţa, cea orizontală cu reperarea aeriană. Semnalele atacă circuitele pentru impulsuri de mare intensitate luminoasă, astfel încît ţintele sînt reprezentate ca puncte luminoase, pe partea din faţă a tubului, la o distanţă pe verticală proporţională cu depărtarea şi la o distanţă pe orizontală proporţională cu unghiul. În fig. 3.3 se prezintă baleiajele tip B şi PPI.

Afişajele cu bobină mobilă

Cel mai răspîndit afişaj este acela cu un indicator al poziţiei în plan (PPI). Acest afişaj produce un plan real sau o hartă a ţintelor „văzute“ de radar. Deflexia este centrată în coordonate polare pe centrul tubului. Fiecare explorare se deplasează pe tub în direcţia în care antena „priveşte“ la un moment dat, iar ţintele sînt indicate ca puncte luminoase. Fig. 3.3 prezintă acest efect. Amplasamentul antenei radarului este reprezentat de centrul tubului.

Cel mai simplu mod de a realiza aceasta este de a folosi o singură bobină de deflexie, montată pe rulmenţi şi rotită mecanic în jurul gîtului tubului, în sincronism cu antena. Acest mod este descris în capitolul 5 şi ilustrat în fig. 5.17.

Este necesară numai o simplă tensiune de deflexie în formă de „dinţi de fierăstrău“, comandată în frecvenţă pentru controlul distanţei şi sincronizată cu începutul fiecărei transmisii radar. Deoarece trebuie să fie comandată numai o bobină, şi aceea numai într-o direcţie, un amplificator de deflexie final, foarte simplu, este suficient. Frecvenţa de repetiţie a impulsurilor de transmisie poate să fie de circa 1 000 Hz sau mai mare. Impulsurile de calibrare sînt asigurate, ca în baleiajul de tip A, dar acestea sînt aplicate ca o modulare de luminozitate a tubului, aşa numita „modulaţie z“. Acestea apar ca un număr de cercuri concentrice, centrate pe centrul tubului.

„Linia de cap“ sau „linia de cap a navei“, este de asemenea esenţială. Aceasta este o simplă linie radială luminoasă, produsă la un moment cînd antena trece prin unghiul capului navei. Scopul acesteia este de a asigura o verificare constantă a alinierii bobinei cu atena, deoarece orice abatere sau alunecare ar putea să dea o informaţie de relevment falsă şi foarte periculoasă.

O linie de marcare electronică se poate de asemenea asigura, pentru a fi utilizată la măsurarea relevmentului ţintelor relativ la traiectoria navei, sau la direcţia nord. Linia este iniţiată cu ajutorul unui microîntrerupător în afişaj, a cărui poziţie unghiulară este controlată cu un buton rotativ a cărui scală este calibrată în grade. Deseori aceasta are forma unei linii întrerupte pentru a se deosebi de linia de capăt.

Majoritatea căpitanilor de vase comerciale par să prefere ca informaţiile să apară relativ la linia de capăt dispusă pe verticală, obţinîndu-se astfel o imagine directă în raport cu relevmentul navei. Acesta este denumit „relevment relativ“ pentru a-l deosebi de afişajul „stabilizat după nord“. Stabilizarea după nord este realizată adăugînd la comanda bobinei de deflexie un unghi derivat din compasul de rotaţie al navei. Între motorul de comandă al bobinei şi bobină se inserează deseori un mecanism de cuplaj diferenţial, şi informaţia compas transmisă este injectată de un motor repetor compas, în axul de intrare secundar al mecanismului diferenţial.

Acest sistem este adecvat pentru majoritatea navelor necesitînd informaţii precise numai pentru distanţe foarte mici, pentru a evita coliziunile. O variantă mai complexă este cunoscută ca „deplasarea reală“, deoarece informaţiile asigurate dau o aproximare apropiată a deplasării obiectivelor, şi include radarul propriu-zis faţă de o bază staţionară. Orientarea este către nord, şi ecourile liniei de coastă, insulelor, geamandurilor etc., apar fără o deplasare de-a lungul tubului. Spaţiul nu permite o descriere detaliată, dar pe scurt, se poate spune că un calculator special generează tensiuni lent variabile, care se aplică la sistemele de deflexie X şi Y, egale cu acelea care reprezintă deplasarea reală a navei. Datele din care derivă aceste tensiuni sînt:

a) ship's heading, din compasul giro;
b) viteza navei, de la tachometrul motorului sau din jurnalul navei;
c) viteza mareei inserată manual din tabelele mareei;
d) direcţia mareei inserată manual, din hărţile mareei.

Vitezele navei şi mareei trebuie să fie transpuse în componente X şi Y cu ajutorul potenţiometrelor sin-cos, care dau semnale de ieşire proporţionale cu funcţiile sinus şi cosinus ale unghiului la care sînt reglate.

Pentru a introduce componentele X şi Y, trebuie să se ataşeze o pereche de bobine fixate perpendicular. Acestea sînt deseori amplasate peste bobina rotorică, care trebuie, desigur, să se rotească liber. Cuplajul între bobinele mobile şi fixe ar produce distorsiuni apreciabile, însă în timp ce prin bobina mobilă trec numai curenţi de mare frecvenţă, prin bobinele fixe trec curenţi de o frecvenţă extrem de mică. Curenţii induşi de la bobina mobilă pot fi reduşi la valori neglijabile prin alimentarea bobinelor fixe, prin inductanţe mari. Problema nu apare, desigur, la afişajele cu bobina fixată.

Afişajele cu bobină fixată

Cerinţele pentru circuitele care comandă un afişaj cu bobină fixată sînt mult mai complexe decît acelea pentru un sistem cu bobină mobilă, dar universabilitatea şablonului pentru bobinaj este considerabil mai mare. În cazul bobinei mobile, o linie poate fi trasată pe ecran numai în direcţia determinată de unghiul bobinei în orice moment; o linie la oricare unghi dat, poate să fie trasată numai o dată într-o perioadă de revoluţie aeriană. Curbele nu pot fi trasate deloc, exceptînd iluminarea spotului la o serie de poziţii predeterminate. Acest proces este lent. Cu două bobine perpendiculare, o linie poate fi trasată în orice formă, la orice moment de timp, şi poate fi repetată atît de rapid cît este necesar pentru a evita efectul de licărire. Aceasta poate include scrierea unor litere, cifre, simboluri, linii drepte şi curbe.

Complexitatea echipamentului creşte, în primul rînd pentru că sînt necesare două sisteme de deflexie, şi fiecare trebuie să fie capabil de deplasări complete în sens pozitiv sau negativ. Bobina mobilă necesită numai un simplu integrator şi amplificator. Pentru a produce o baleiere radială, prin rotire cu antena, tensiunea în „dinţii de fierăstrău“ trebuie să fie descompusă în componente proporţionale cu sinus şi cosinus din unghiul antenei, pentru a comanda sistemele de deflexie X şi Y.

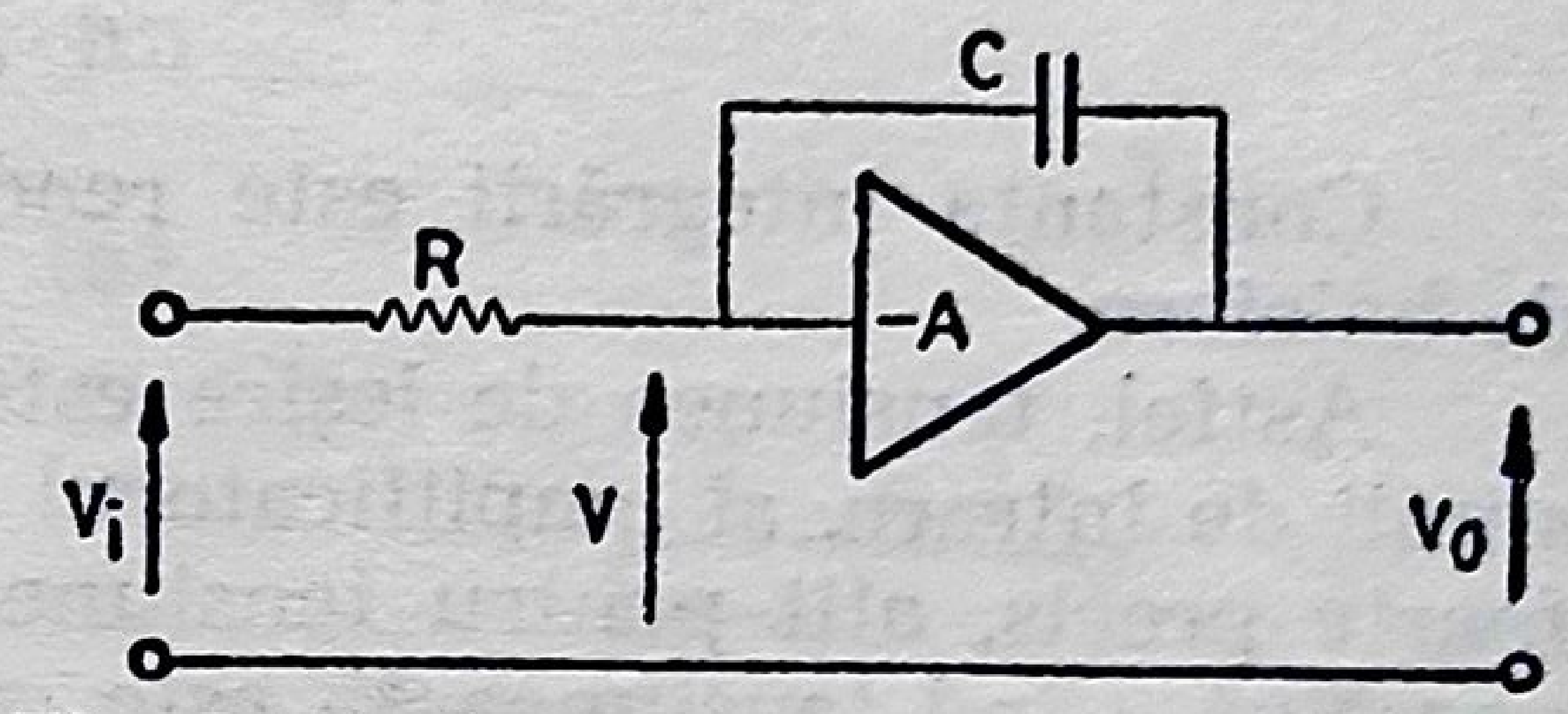


Fig. 3.4. Integrator cu amplificator operaţional.

S-a menţionat că tensiunea de baleiere lineară s-a obţinut prin integrarea unei tensiuni constante faţă de timp. Pentru a produce un baleiaj rotaţional, deflexia X se obţine prin integrarea unei tensiuni proporţionale cu sin θ, şi deflexia Y, de la o tensiune proporţională cu cos θ, unde θ este unghiul baleiajului. Funcţiile sinus şi cosinus au valori pozitive şi negative şi spre deosebire de singurul integrator folosit cu bobina rotorică, integratoarele trebuie să integreze ambele tipuri de valori. Frecvent se utilizează un amplificator operaţional, conectat ca în fig. 3.4.

Amplificatorul operaţional ideal are o amplificare negativă infinită, un defazaj nul şi o bandă de trecere şi impedanţă de intrare infinite. Un astfel de dispozitiv nu este realizabil, dar se poate tinde spre performanţe suficient de apropiate de cele ideale. Amplificatorul e reglat astfel, încît dacă intrarea V_i este zero, ieşirea V_0 este de asemenea zero şi pentru toate valorile,

$$V_0 = -AV$$

unde amplificarea A, este foarte mare, tipic, 10 000.

Orice deviaţie a tensiunii V de la zero este imediat anulată, deoarece V_0 variind în sens opus, de circa 10 000 de ori variaţia lui V, va trece un curent opus prin capacitatea C.

Singurul mod în care V poate să fie influenţat este prin aplicarea tensiunii de intrare V_i prin rezistenţa de intrare R. Deoarece V este zero, curentul rezultat este

$$I = \frac{V_i}{R}$$

Deoarece efectul acestuia este corectat prin variaţia tensiunii V_0, curentul prin C trebuie să fie de asemenea V_i/R. Dar curentul printr-o capacitate este dat de relaţia

$$I=C\frac{dv}{dt}$$

Astfel:

$$C\frac{dv}{dt}=\frac{V_i}{R}$$

sau

$$V_0=\frac{1}{CR}\cdot\int V_i\,dt+\text{const.}$$

Constanta integrării este readusă la zero la sfîrşitul fiecărui ciclu de baleiere.

Astfel, tensiunea de ieşire este de $1/CR$ ori integrala de timp a tensiunii de intrare, şi amplificatorul operaţional prelucrează această funcţie foarte precis, atît pentru tensiunea de intrare pozitivă cît şi pentru cea negativă. Cînd tensiunea V_i este constantă, ieşirea este un semnal rampă linear.

Dacă V_i este obţinut de la un potenţiometru sin-cos de rotire, panta rampei va varia sinusoidal. Adică, amplitudinea la care ajunge rampa într-un interval fixat de timp va varia sinusoidal şi dacă rampa pentru componenta sinus se aplică după axa X, iar rampa pentru componenta cosinus după axa Y, se produce o baleiere radială care se va roti odată cu potenţiometrul.

Desigur, explorările individuale trebuie să fie lansate odată cu emisia radarului şi repuse la zero înaintea emisiei următoare. Astfel un emiţător sincronizat cu un comutator electronic corespunzător pentru a comanda baza de timp, constituie o parte esenţială a oricărui afişaj de radar.

Pentru a completa generatorul de baleiaj rotaţional sincronizat cu rotaţia antenei, este necesar să se cupleze potenţiometrul sin-cos alimentînd generatoarele de baleiere X şi Y direct la axul antenei, şi să se excite cu două surse de tensiune c.c. de mare stabilitate, care dau tensiuni egale şi opuse, ca de pildă, +6V şi —6V. Generatoarele de baleiere ale radarului sînt uneori construite în acest mod, dar viaţa potenţiometrelor sin-cos, care funcţionează continuu, este foarte scurtă.

Alternativa avantajoasă este rezolverul, al cărui principiu este ilustrat în fig. 3.5. Acesta este un transformator avînd un primar care poate fi rotit în interiorul a două bobine secundare fixate, perpendiculare, astfel ca tensiunea electromotoare indusă într-o bobină să fie proporţională cu sinusul şi, cealaltă cu cosinusul unghiului la care se află rotorul. Un aranjament mecanic simplificat este schiţat în fig. 3.5 (a), unde terminalele P+ şi P— alimentează primarul prin inelele colectoare. În poziţia indicată la 90°, primarul este complet cuplat la înfăşurarea sinus,

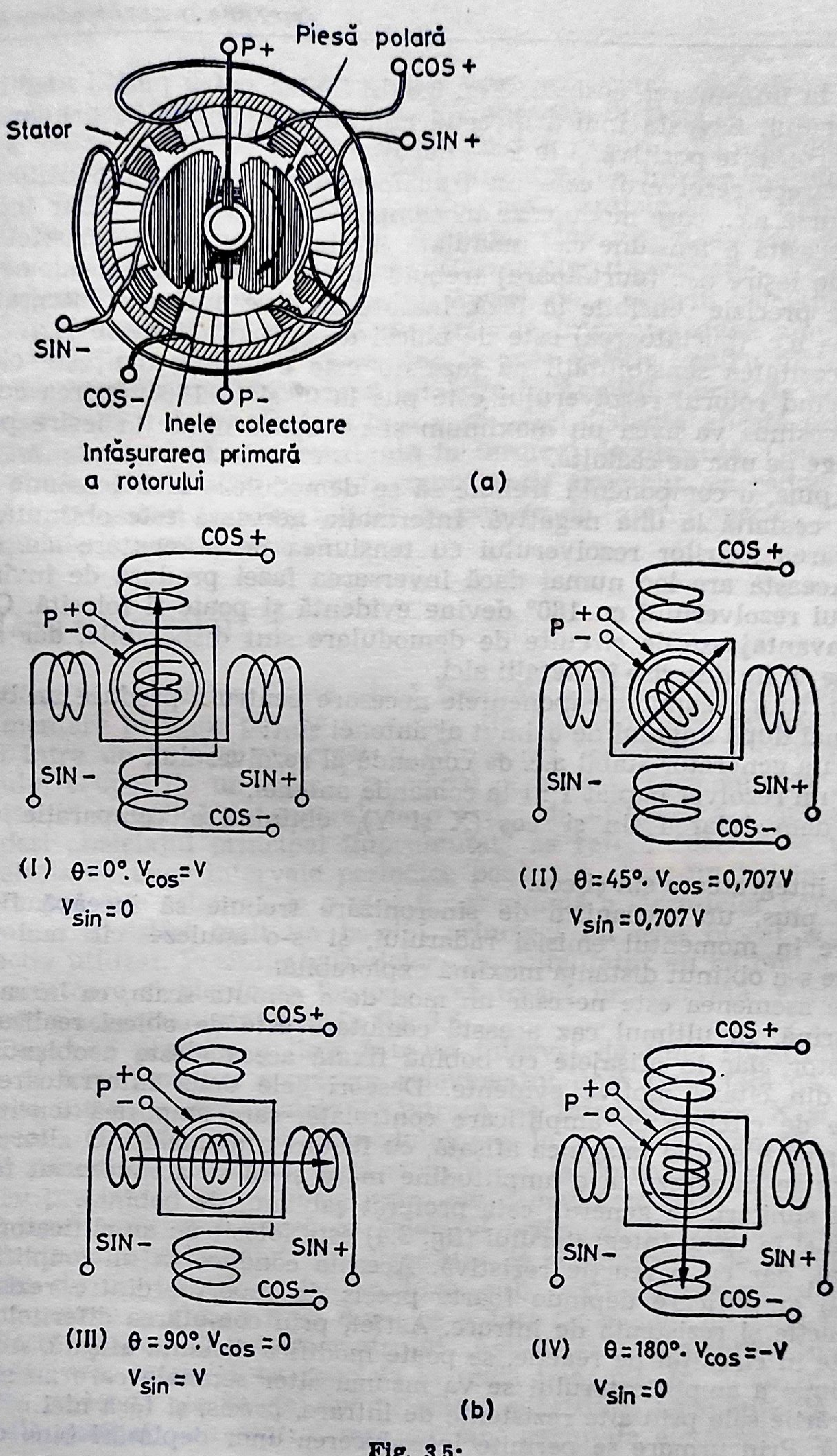

P+
Piesă polară
COS +
Stator
SIN +
SIN −
COS −
P −
Inele colectoare
Înfășurarea primară
a rotorului
(a)
COS +
P +
−
SIN −
SIN +
COS −
(I) $\theta=0°$. $V_{cos}=V$
$V_{sin}=0$
(II) $\theta=45°$. $V_{cos}=0{,}707\,V$
$V_{sin}=0{,}707\,V$
(III) $\theta=90°$. $V_{cos}=0$
$V_{sin}=V$
(IV) $\theta=180°$. $V_{cos}=-V$
$V_{sin}=0$
(b)

Fig. 3.5:
a. Rezolver — schiță ilustrativă; *b.* Relații de poziție ale înfășurărilor.

şi deloc la înfăşurarea cosinus. Fig. 3.5 (b) indică patru poziţii unghiulare ale rotorului. Săgeata indică direcţia cîmpului magnetic în primar, cînd sursa la P+ este pozitivă şi la P—, negativă.

Deoarece rezolverul este un transformator, acesta poate utiliza numai o sursă a.c., care modulează în componentele sin şi cos. Dar integratorul necesită o tensiune c.c. modulată în sinus sau cosinus. Astfel semnalele de ieşire a.c. (purtătoare) trebuie să fie demodulate de demodulatoare de precizie sensibile la fază, înainte de a se aplica la integratoare. Excitaţia a.c. (purtătoarea) este de obicei de aproximativ 400 Hz.

Necesitatea sensibilităţii cu faza nu este evidentă, dar este clar că atunci cînd rotorul rezolverului este pus la 0° şi la 180°, ieşirea componentei cosinus va avea un maximum şi nu apare nimic la ieşire pentru a distinge pe una de cealaltă.

În plus, o componentă trebuie să se demoduleze la o tensiune pozitivă, şi cealaltă la una negativă. Informaţia necesară este obţinută prin compararea ieşirilor rezolverului cu tensiunea de alimentare a.c. originală. Aceasta are loc numai dacă inversarea fazei produsă de învîrtirea rotorului rezolverului cu 180° devine evidentă şi poate fi folosită. Cîteva tipuri avantajoase de circuite de demodulare sînt disponibile, dar nu se propune să fie descrise în detalii aici.

Pentru a rezuma, componentele necesare pentru a produce un baleiaj rotaţional după unghiul de azimut al antenei sînt:

a) un generator stabil a.c. de comandă al rezolverului,
b) un rezolver cuplat 1 : 1 la comanda antenei,
c) demodularea sin şi cos (X şi Y), obţinînd o comparaţie după fază, şi
d) integratoare sin şi cos.

În plus, un mecanism de sincronizare trebuie să înceapă fiecare baleiere în momentul emisiei radarului, şi s-o anuleze cît mai rapid după ce s-a obţinut distanţa maximă explorabilă.

De asemenea este necesar un mod de a comuta scala, ca în radarul de marină. În ultimul caz această comutare este de obicei realizată la integrator, dar în afişajele cu bobină fixată aceasta este neobişnuit cel puţin din cîteva motive evidente. Deseori cele două integratoare sînt urmate de circuite cu amplificare controlată, care amplifică tensiuni şi prin urmare extind imaginea afişată, cu factori convenabili. O alternativă ar fi să se integreze la o amplitudine mare şi să se atenueze cu factori inverşi similari. În general, este preferat şablonul de bobinaj.

Ca şi în cazul integratorului (fig. 3.4) este folosit un amplificator operaţional, dar cu o reacţie rezistivă. Aceasta conduce la un amplificator a cărui amplificare depinde foarte precis de raportul dintre rezistenţa din reacţie şi rezistenţa de intrare. Astfel, prin comutarea diferitelor rezistenţe în circuitul de reacţie, se poate modifica distanţa afişată. Această conexiune a amplificatorului se va însuma altor semnale care au apărut la intrările sale prin alte rezistenţe de intrare, precis, şi fără nici o interferenţă. Prin urmare se permite introducerea unor deplasări bine determinate ale imaginii, facilitînd observarea de către operator a unor puncte la o depărtare de mai multe mile, cu scala dilatată.

Se poate realiza o deplasare similară a centrului după amplificatorul de dilatare a distanţei, folosind circuitele de intrare ale amplificatoarelor de deflexie finale, dar cu diferenţa esenţială că, în timp ce deviaţiile introduse după dilatarea distanţei sînt neafectate de variaţiile distanţei, acelea introduse în amplificatoarele de variaţie a distanţei, modifică scala cu variaţiile distanţei. Astfel, dacă centrul baleiajului este deplasat cu o jumătate de rază de intrările introduse după amplificatorul de variaţie a distanţei, va rămîne în acea poziţie pentru toate comutările de distanţă; dar dacă după intrările în amplificatorul de variaţie a distanţei centrul se va deplasa la o rază, cînd distanţa afişată este înjumătăţită, abaterea rămîne constantă în termeni de distanţă. Orice număr de deplasări prestabilite poate fi comutat, de exemplu, un radar de port poate fi precentrat în orice număr de puncte de interes special, şi comutat rapid de la unul la celălalt.

Linii şi simboluri

Afişajul cu bobina fixată oferă facilităţi pentru a adăuga informaţii suplimentare în orice poziţie pe ecran, fie folosind orice divizare a timpului între un baleiaj principal şi următorul, sau prin „împrumutarea" timpului ocupat de un baleiaj principal ocazional. Termenul de „baleiaj întreţesut" se aplică, în general, la o astfel de utilizare a timpului divizat, deşi „baleiajul principal împrumutat" se referă specific la ultimul. La selectarea unor intervale periodice pentru a aloca un baleiaj principal, timpul este asigurat de o modificare simplă a circuitelor normale de sincronizare, astfel încît un baleiaj principal nu este blocat şi timpul respectiv utilizat. Poziţiile baleiajelor „împrumutate" au de obicei o apariţie aleatoare şi pierderea lor poate să treacă neobservată. Formele de undă de sincronizare sînt date în fig. 3.6.

Pentru a produce o linie într-un interval de timp substituit, care poate fi folosit pentru a măsura relevmentul unei ţinte faţă de alta, şi distanţa între ele, terminalele de intrare ale integratoarelor X şi Y sînt electronic comutate de la demodulatoare la un potenţiometru sin-cos de pe panoul de comandă. Dacă sursele c.c. la potenţiometru sînt adaptate cu precizie la vîrfurile de ieşire ale demodulatoarelor, linia produsă va fi trasă la aceeaşi viteză ca baleiajul principal, dar direcţia sa va fi sub controlul operatorului. Un dispozitiv de sincronizare de precizie, comandat de un potenţiometru calibrat, sub controlul operatorului, este folosit pentru a blanca linia după ce a fost traversată distanţa indicată pe discul gradat al potenţiometrului. Astfel, este disponibilă o regulă de măsurare, potrivită cu precizie la scala imaginii. În final, în timpul acestor perioade ale baleiajului principal substituit, tensiunile de deplasare ale poziţiei, sub control manual, sînt comutate electronic în amplificatoarele de variaţie a distanţei X şi Y, astfel încît poziţia iniţială a liniei de măsură poate fi plasată pe orice ţintă. Pentru a asigura precizia măsurătorilor obţinute în acest mod, stabilitatea comenzii rezolverului, demodulatoarelor şi surselor c.c. ale potenţiometrului trebuie să fie strict controlată.

Simbolurile simple, aşa numite pentru a le distinge de caracterele alfanumerice mai complexe, avantajoase pentru marcarea ţintelor şi transmisibile la alte afişaje funcţionînd cu acelaşi radar, pot fi scrise în inter-

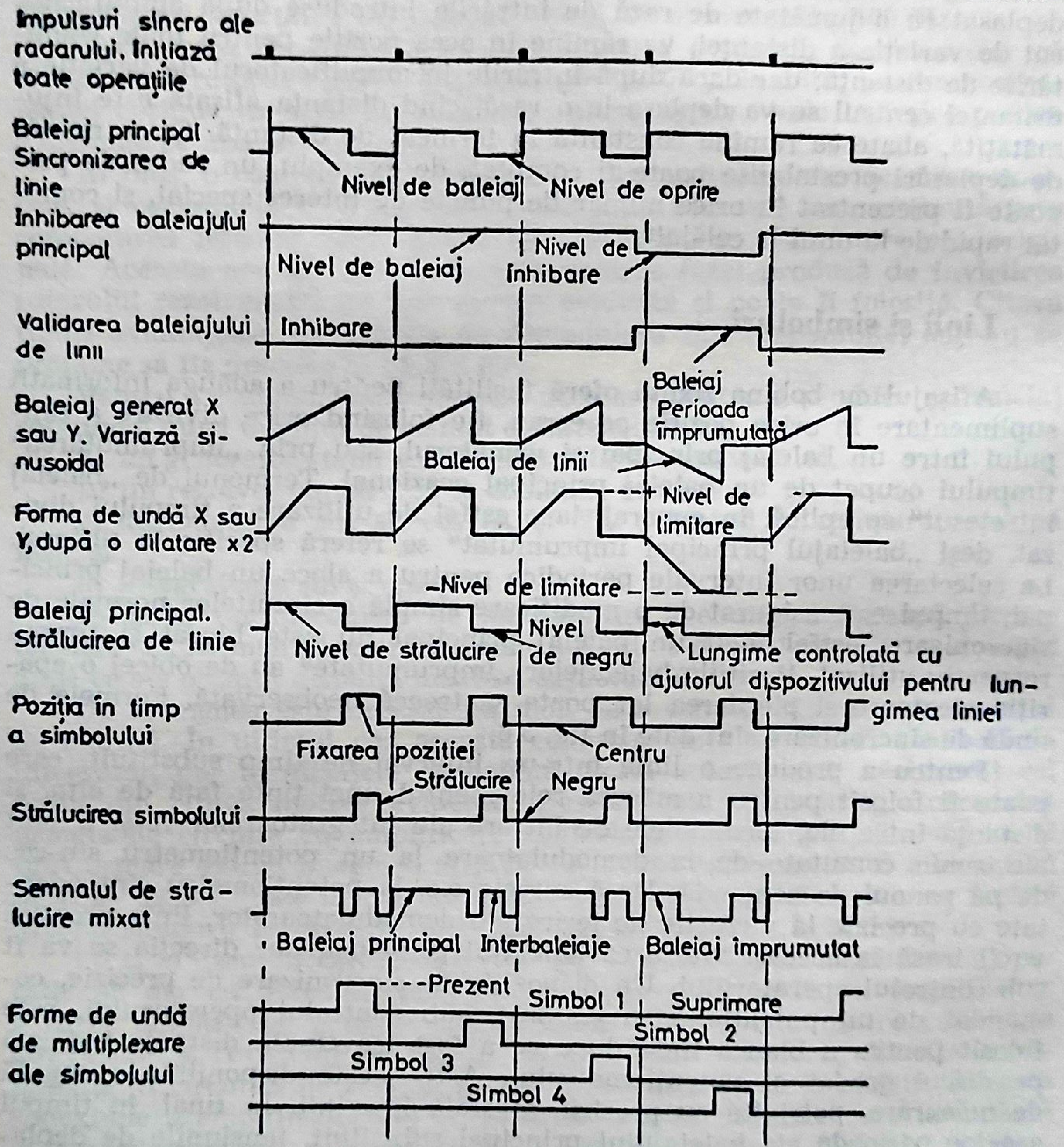
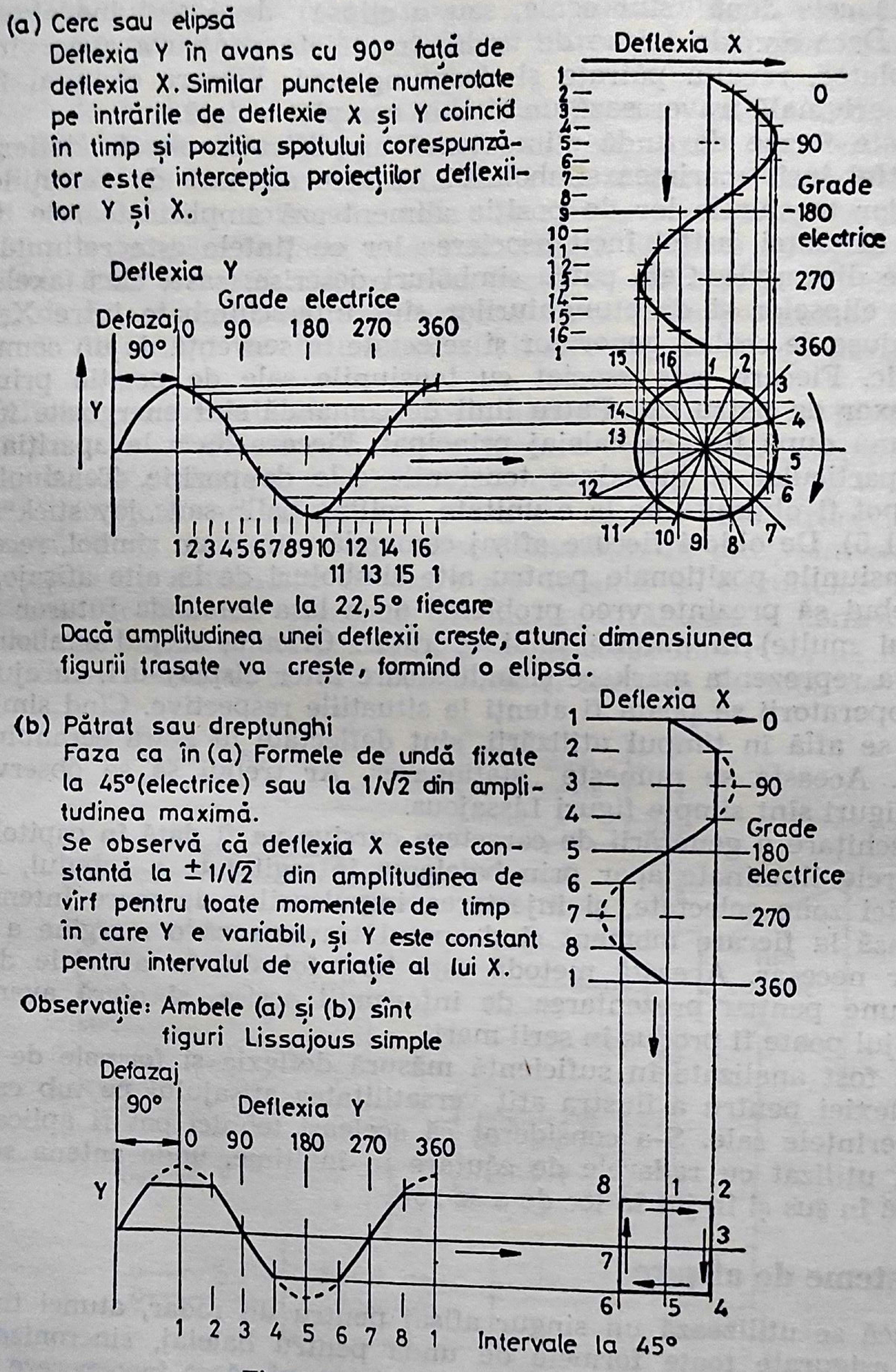

Impulsuri sincro ale radarului. Iniţiază toate operaţiile
Baleiaj principal Sincronizarea de linie
Nivel de baleiaj
Nivel de oprire
Inhibarea baleiajului principal
Nivel de baleiaj
Nivel de inhibare
Validarea baleiajului de linii
Inhibare
Baleiaj Perioada împrumutată
Baleiaj generat X sau Y. Variază sinusoidal
Baleiaj de linii
Nivel de limitare
Forma de undă X sau Y, după o dilatare x2
Nivel de limitare
Baleiaj principal. Strălucirea de linie
Nivel de strălucire
Nivel de negru
Lungime controlată cu ajutorul dispozitivului pentru lungimea liniei
Poziţia în timp a simbolului
Fixarea poziţiei
Centru
Strălucire
Negru
Strălucirea simbolului
Semnalul de strălucire mixat
Baleiaj principal
Interbaleiaje
Baleiaj împrumutat
Prezent
Simbol 1
Suprimare
Simbol 2
Simbol 3
Simbol 4
Forme de undă de multiplexare ale simbolului

Fig. 3.6. Formele de undă pentru sincronizare, baleiere şi iluminare.

valul dintre baleiaje. Formele de undă de sincronizare, indicînd multiplexarea, sînt incluse în figura 3.6, în timp ce fig. 3.7 indică modul în care sînt generate simbolurile. Acestea sînt limitate la cercuri, elipse,


(a) Cerc sau elipsă

Deflexia Y în avans cu 90° faţă de deflexia X. Similar punctele numerotate pe intrările de deflexie X şi Y coincid în timp şi poziţia spotului corespunzător este intercepţia proiecţiilor deflexiilor Y şi X.

Dacă amplitudinea unei deflexii creşte, atunci dimensiunea figurii trasate va creşte, formînd o elipsă.

(b) Pătrat sau dreptunghi

Faza ca în (a) Formele de undă fixate la 45°(electrice) sau la $1/\sqrt{2}$ din amplitudinea maximă.

Se observă că deflexia X este constantă la $\pm 1/\sqrt{2}$ din amplitudinea de vîrf pentru toate momentele de timp în care Y e variabil, şi Y este constant pentru intervalul de variaţie al lui X.

Observaţie: Ambele (a) şi (b) sînt figuri Lissajous simple

Deflexia X
0
90
Grade
180
electrice
270
360
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
Deflexia Y
Grade electrice
Defazaj 90°
0 90 180 270 360
Y
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 12 14 16
11 13 15 1
Intervale la 22,5° fiecare
Deflexia X
1
2
3
4
5
6
7
8
1
0
90
Grade
180
electrice
270
360
Defazaj 90°
Deflexia Y
0 90 180 270 360
Y
8 1 2
7 3
6 5 4
1 2 3 4 5 6 7 8 1
Intervale la 45°

Fig. 3.7. Generarea simbolurilor.

pătrate şi dreptunghiuri, toate obţinute dintr-o formă de undă sinus. Aceasta e împărţită în două părţi, dintre care una e în avans de fază cu 90°. Alimentînd sistemele de deflexie X şi Y, acestea vor trasa un cerc dacă cele două sînt egale, sau o elipsă dacă sînt inegale, ca în fig. 3.7. Dacă ambele forme de undă sînt tăiate pentru a avea vîrful şi baza, „plate", rezultă pătrate şi dreptunghiuri. Fiecare ciclu al formei de undă originală traversează un simbol complet o dată.

Aceste forme de undă alimentează amplificatoarele de deflexie finale, astfel încît mărimea simbolului nu este afectată de variaţiile distanţei, dar tensiunile lor de poziţie alimentează amplificatoarele de variaţie a distanţei, astfel încît asocierea lor cu ţintele este reţinută pentru toate distanţele. Cele patru simboluri descrise (şase, dacă axele majore ale elipselor şi dreptunghiurilor sînt interschimbate între X şi Y) sînt produse de acelaşi generator şi selectate în secvenţă de un comutator electronic. Fiecare este asociat cu tensiunile sale de poziţie printr-un multiplexor de patru căi. Patru linii de comandă sînt energizate în secvenţă, una după fiecare baleiaj principal. Fiecare duce la apariţia unui simbol particular şi introduce tensiunile sale de poziţie. Tensiunile de poziţie pot fi obţinute de la o unitate „rolling ball" sau „joy stick" (vezi capitolul 5). De obicei fiecare afişaj comandă numai un simbol, recepţionînd tensiunile poziţionale pentru alte simboluri de la alte afişaje, deşi n-ar trebui să prezinte vreo problemă de a lăsa comanda tuturor patru (sau mai multe) în mîinile unui operator. Oricum, scopul simbolurilor este de a reprezenta markere şi indicatoare inter display-uri, cu ajutorul cărora operatorii să poată fi atenţi la situaţiile respective. Cînd simbolurile nu se află în timpul utilizării, sînt deflectate în afara ecranului, în dreapta. Aceasta se numeşte „staţionare". Ar trebui să se observe că aceste figuri sînt simple figuri Lissajous.

O schiţare a generării de caractere cursive va fi dată în capitolul 5. Caracterele iluminate apar prin baleierea întregii feţe a tubului, sau a unei mici zone selectate, şi injectarea impulsurilor de mare intensitate luminoasă la fiecare moment cînd spotul traversează o margine a unui caracter necesar. Această metodă este larg folosită în afişajele de tip televiziune pentru prezentarea de informaţii scrise, şi oferă avantajul că afişajul poate fi produs în serii mari.

Au fost analizate în suficientă măsură deflexia şi formele de undă ale deflexiei pentru a ilustra atît versatilitatea afişajului pe tub catodic cît şi cerinţele sale. S-a considerat că aceleaşi tehnici pot fi aplicate la afişajul utilizat cu radarele de căutare în înălţime, unde antena se deplasează în sus şi în jos în loc de a se roti.

Sisteme de afişare

Dacă se utilizează un singur afişaj pentru un radar, atunci trebuie să fie asigurate toate formele de undă pentru baleiaj, sincronizare şi luminozitate, care au fost prezentate mai sus, şi să se încorporeze toate aceste circuite în afişaj pentru ca acesta să devină autonom. Un singur afişaj funcţionînd cu mai multe radaruri poate să fie autonom, dar necesită în plus un sistem de selecţie a radarului. Acest sistem ar selecta impulsul de sincronizare corespunzător, semnalul video şi componentele sin şi cos ale rezolverului, dela radar şi transmite comanda rezolverului la radar.

Dacă două sau mai multe afişaje funcţionează cu un radar, atunci numai unul poate să asigure alimentarea comenzii rezolverului; sînt folosite unităţi de comutare speciale pentru a asigura că numai un generator de comandă a rezolverului este conectat la rezolver, şi că forma de undă pentru comparaţia fazei sale este trimisă la toate afişajele din sistem. Astfel există întotdeauna o redundanţă de circuite în astfel de grupuri, şi de la un punct se poate asigura economicitatea numai utilizînd un număr de unităţi de vizualizare auxiliare, cu un sistem de comandă central.

Unitatea de vizualizare auxiliară, ilustrată funcţional în fig. 3.8, conţine un tub catodic montat într-o carcasă corespunzătoare, împreună cu o bobină de deflexie şi amplificatoare de deflexie finale, şi un amplificator video final care adaptează sursa de semnal de intrare la tubul catodic, şi dă un control necesar al senzitivităţii. În plus, sînt asigurate toate sursele de alimentare necesare ale tubului şi circuitelor interne, ca şi comenzile manuale esenţiale: focalizare, strălucire şi contrast. Dispozitivul este în întregime pasiv, fără să genereze nici o formă de undă dar răspunzînd complet la toate semnalele şi formele de undă de intrare.

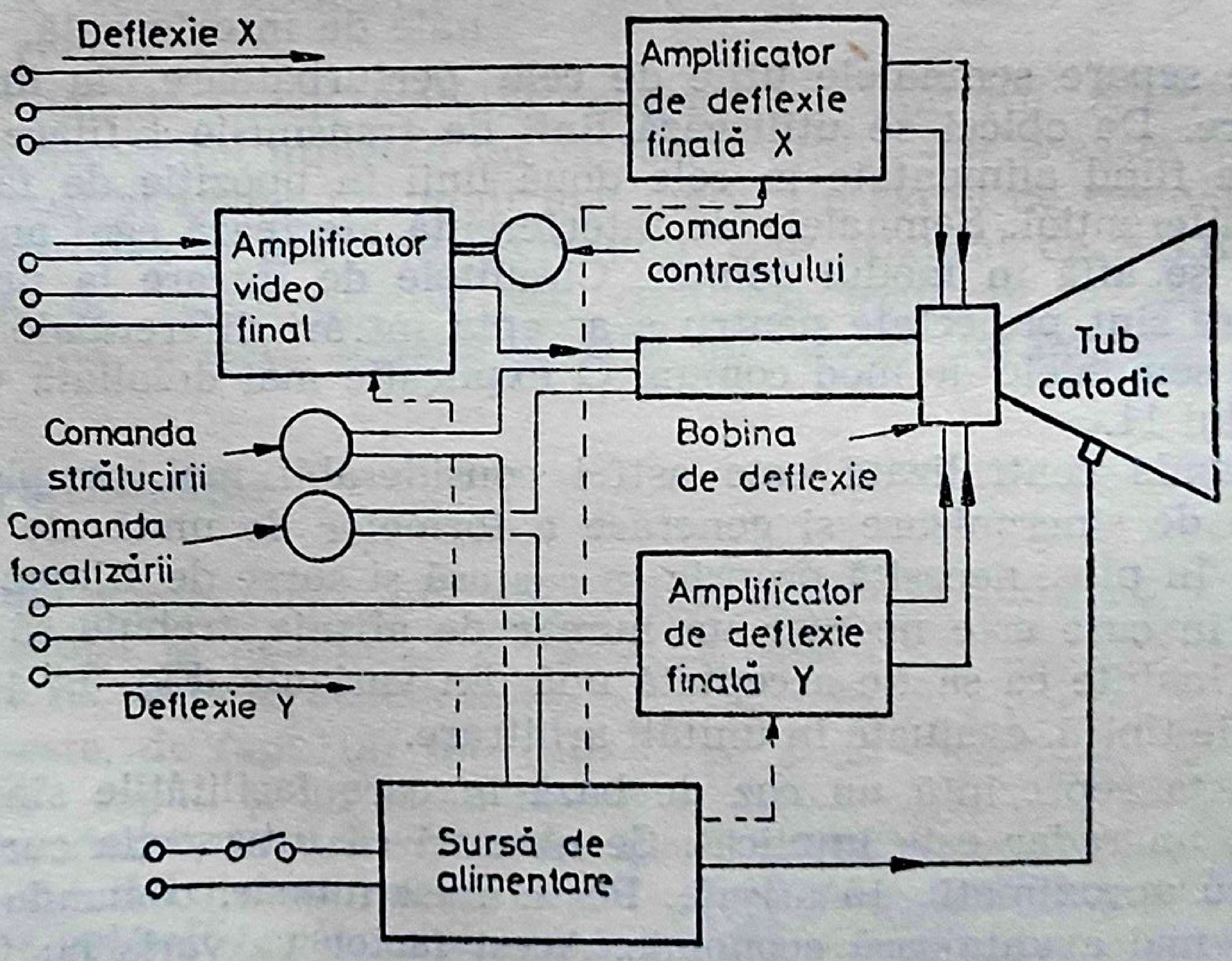

Deflexie X
Amplificator de deflexie finală X
Comanda contrastului
Amplificator video final
Tub catodic
Comanda strălucirii
Comanda focalizării
Bobina de deflexie
Amplificator de deflexie finală Y
Deflexie Y
Sursă de alimentare

Fig. 3.8. Schema bloc a unităţii auxiliare de vizualizare.

Sistemul de comandă central asigură toate formele de undă necesare pentru a fi transmise atît la radar cît şi la orice număr de unităţi de vizualizare auxiliare.

Uneori, pentru a-i asigura operatorului o libertate mai mare, o mică parte din echipamentul de comandă central poate fi inclus în fiecare unitate de vizualizare, ca amplificatorul comandat pentru schimbarea distanţei şi generatorul de impulsuri de calibrare. Aceasta evită conflictul între operatori.

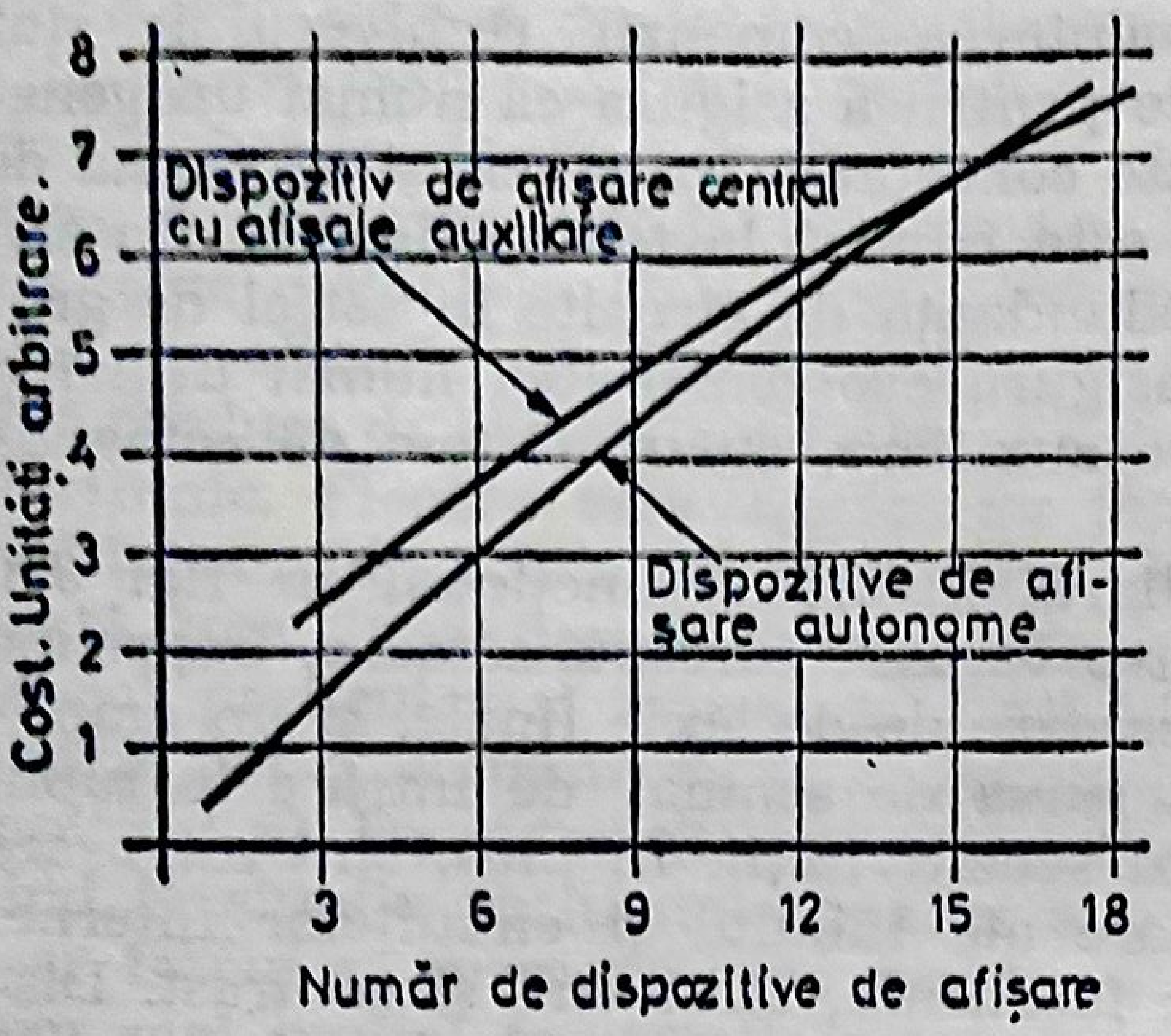


Fig. 3.9. Comparaţia de cost între comanda centrală şi autonomă.

În astfel de sisteme de afişare trebuie să se prevină deteriorarea semnalului, deoarece sînt implicate linii lungi de transmisie a semnalului. Acestea trebuie să fie terminate corect pentru a preveni reflexiile. În echipamentul central de comandă se includ amplificatoare speciale de ieşire de mare putere, numite amplificatoare de linie. De asemenea, deoarece aceste linii lungi pot să treacă prin regiuni cu cîmpuri externe mari, care pot să inducă semnale de interferenţă, este necesar să se separe semnalele utile de cele perturbatoare, la unităţile de vizualizare. De obicei se utilizează linii de transmisie bifilare ecranate, semnalele fiind alimentate în cele două linii în opoziţie de fază, adică, în mod diferenţial. Semnalele de interferenţă afectează egal ambele linii astfel că se află în modul comun. Circuitele de intrare la unităţile de vizualizare sînt proiectate pentru a accepta intrări diferenţiale şi pentru a rejecta semnalele de mod comun. O explicaţie mai detaliată va fi dată în capitolul 11.

Comanda centralizată este astfel considerabil mai complexă decît circuitele de sincronizare şi generare a formelor de undă ale afişajului autonom. În plus, necesită propria sa carcasă şi surse de alimentare. Fiecare caz în care este necesar un număr de afişaje, trebuie să fie atent analizat, înainte ca să fie acceptată una din variante. Fig. 3.9 prezintă o comparaţie tipică, evaluată în unităţi arbitrare.

Aceasta reprezintă un caz de bază în care facilităţile sînt minime şi numai un radar este implicat. Se observă că intersecţia curbelor are loc pentru aproximativ 15 afişaje. Peste acest număr, comanda centralizată este mai avantajoasă economic. Acest factor va varia cu facilităţile necesare şi poate, în unele cazuri, să fie mult mai mic.

Semnale sintetice şi în timp real

Semnalele în timp real sînt acelea care sînt afişate imediat ce au devenit disponibile. Semnalele radar recepţionate sînt condiţionate de viteza luminii. Aceasta înseamnă 12,36 μs, pentru a obţine un ecou de la o ţintă aflată la o depărtare de 1 milă nautică. Deci pentru a obţine informaţii de la un punct aflat la o depărtare de 185 km e necesar un timp de 1,236 ms. Aşa cum s-a explicat în capitolul 1, sînt necesare zece sau mai multe baleiaje pe grad de rotaţie aeriană, pentru a asigura detecţia sigură a ţintelor îndepărtate. În consecinţă, pentru a baleia o zonă cu o rază de 185 km, aceasta necesită min. 4,5 sec. Dacă informaţiile ar fi stocate imediat cum sînt recepţionate ar putea să fie generate mult mai rapid, să zicem de 50 de ori pe secundă sau mai mult. Antenele radarurilor pentru distanţe mari, deseori nu se rotesc mai repede de 10 ori/minut, perioada de reapariţie a informaţiilor fiind de 6 secunde. Chiar cu tuburi catodice avînd cea mai mare persistenţă, contrastul între imaginea instantanee şi cea reziduală înaintea terminării unei perioade, este foarte mare. La lumina atenuată, ţintele rămîn vizibile, dar în lumina zilei, în special în astfel de locuri ca turnul de control al aeroportului, dificultăţile de vizualizare sînt mari.

Informaţia tabelară, datorită naturii ei este inerent sintetică şi datorită modului în care este generată, trebuie să fie stocată. Memoria este baleiată ciclic, şi informaţia afişată de 40 sau 50 ori/s. Aceasta înseamnă că nu se observă vreo licărire, existînd aparenţa unei străluciri uniforme. De asemenea oferă o strălucire mai mare decît este aceea de la un semnal în timp real.

Un semnal de radar, sintetic, obţinut cu ajutorul calculatorului, poate să fie disponibil utilizînd un extractor grafic, dar aceasta înseamnă un preţ de cost al sistemului mult mai mare. Un astfel de semnal, transportînd identitatea şi înălţimea avionului, este asigurat de S.S.R. (radarul secundar de supraveghere) aşa cum s-a explicat în cap. 2. Dar aceasta necesită ca ţinta aeriană să aibă un repetor de impulsuri.

Afişaj strălucitor

Problema vizualizării unui afişaj într-un mediu ambiant foarte luminos a condus la adoptarea soluţiei cu conversia baleiajului pentru radar. Fig. 3.10. arată un sistem tipic.

Tubul este, de fapt, un tub catodic cu două capete, avînd cîte un tun la fiecare capăt, şi un ecran intern la mijloc între cele două tunuri. „Tunul de scriere“, la un capăt, formează o configuraţie de sarcini pe ecran, pe care îl baleiază radial ca un afişaj de radar obişnuit. „Tunul de citire“, la celălalt capăt, explorează această configuraţie şi produce un semnal electronic de ieşire. Tunul de citire este reglat ca să modifice foarte puţin configuraţia de sarcini a suprafeţei ecranului, astfel încît chiar după 250 sau mai multe citiri, se observă numai un efect redus de ştergere iar configuraţia de sarcini este complet restabilită de fiecare baleiere a spotului de scriere. În practică, baleiajul de citire este similar cu acela folosit în televiziune, suprafaţa fiind traversată de o serie

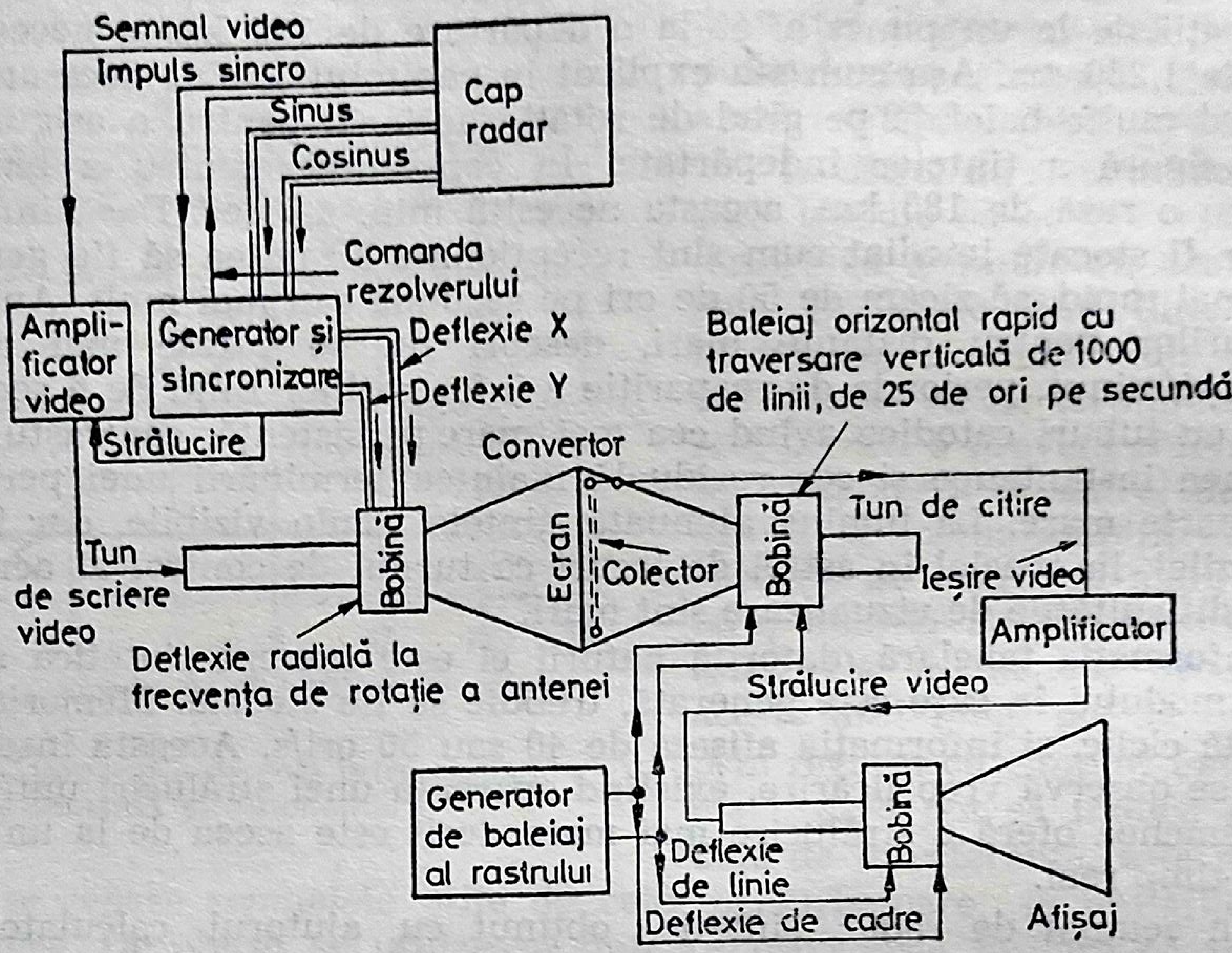

Semnal video
Impuls sincro
Sinus
Cosinus
Cap radar
Comanda rezolverului
Amplificator video
Generator şi sincronizare
Deflexie X
Deflexie Y
Strălucire
Baleiaj orizontal rapid cu traversare verticală de 1000 de linii, de 25 de ori pe secundă
Convertor
Tun de citire
Tun de scriere video
Bobină
Ecran
Colector
Bobină
Ieşire video
Amplificator
Deflexie radială la frecvenţa de rotaţie a antenei
Strălucire video
Generator de baleiaj al rastrului
Deflexie de linie
Deflexie de cadre
Bobină
Afişaj

Fig. 3.10. Schema bloc a unui sistem tipic cu conversie a baleiajului.

de linii drepte, paralele. Într-un cadru pe verticală sînt baleiate 1 000 de linii, deşi este mai uzual să se dividă acest proces în 2 semicadre întreţesute, liniile celui de al doilea semicadru completînd spaţiile între liniile primului semicadru. Dacă aceste cadre complete se repetă de 25 de ori pe secundă, ochiul sesizează întregul cadru ca şi cum ar fi fost baleiat de 50 ori pe secundă, deci fără nici o licărire. Aceeaşi formă de undă poate fi utilizată pentru deflexia tubului, astfel încît nu apar probleme de sincronizare. Ieşirea video de la electrodul de citire este amplificată, şi folosită pentru intensificarea iluminării tubului de afişare al radarului. Deoarece tubul este baleiat de 25 de ori pe secundă, nu este necesară o persistenţă de durată, şi se poate lua în considerare fosforul de mare eficienţă utilizat în televiziune, rezultînd o imagine strălucitoare, fără licăriri. Trebuie menţionat, că deşi în general nu a fost considerat astfel, totuşi convertorul de baleiaj este o memorie ciclică.

Altă dezvoltare a tubului catodic avînd o memorie internă o constituie tubul cu memorare cu vizualizare directă. Ca la conversia de baleiaj, tunul de scriere generează o structură de sarcini pe un strat subţire de material izolator sprijinit pe un ecran reticular fin. A doua sursă de electroni, numită „tun de injecţie", injectează în direcţia ecranului, o scurgere paralelă de electroni. Potenţialul negativ al ecranului-ţintă opreşte fluxul de electroni să treacă prin grilă pentru a ajunge la

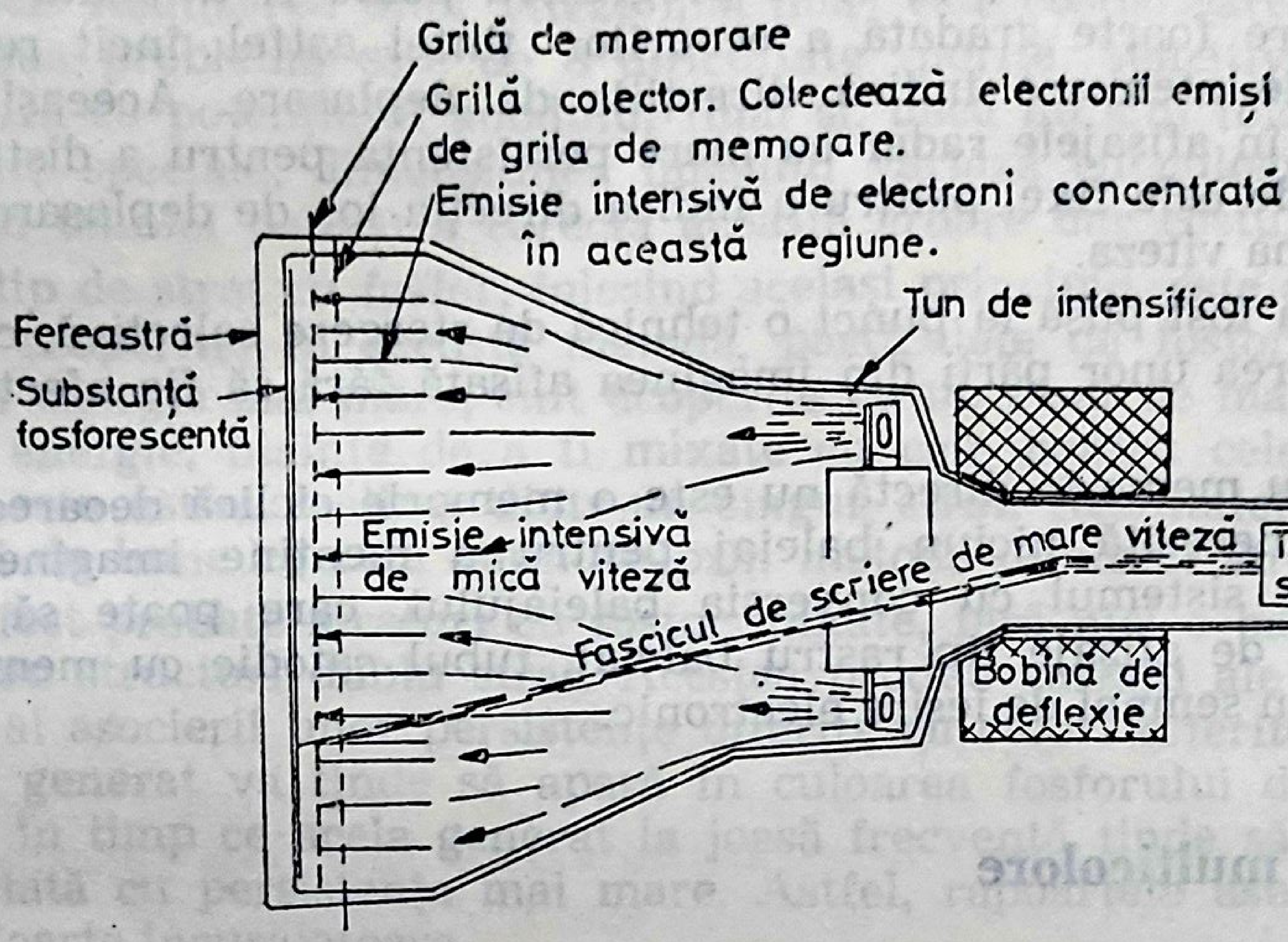

Grilă de memorare
Grilă colector. Colectează electronii emiși de grila de memorare.
Emisie intensivă de electroni concentrată în această regiune.
Tun de intensificare
Fereastră
Substanță fosforescentă
Emisie intensivă de mică viteză
Fascicul de scriere de mare viteză
Tun de scriere
Bobină de deflexie

Fig. 3.11. Tub cinescop cu memorie.

ecranul fluorescent pe sticlă; dar unde atinge fasciculul de scriere ecranul-grilă, apare o emisie secundară la regiunile pozitive şi electronii din emisia principală trec prin grilă, iluminînd ecranul fluorescent. Astfel, o singură trecere a fasciculului de scriere modulat, produce un relief de sarcini, care generează o structură luminoasă pe ecranul fluorescent. Fig. 3.11 este o prezentare grafică a tubului.

Electronii pentru bombardarea suprafeţei ecranului au o viteză redusă, adică o energie joasă şi produc o emisie secundară neglijabilă. Aceştia au un efect redus asupra reliefului de sarcini, care odată format, poate să dureze cîteva ore. Urmează că o singură scriere produce o imagine de foarte lungă durată. Această imagine este mult mai strălucitoare decît aceea realizată prin conversia baleiajului, sau decît desigur, imaginea TV, deoarece electronii din fasciculul divergent continuă să excite fosforul după ce fasciculul din care au fost eliberaţi, a trecut. La tuburile catodice normale, la un moment dat poate fi excitat numai un punct şi proporţia corespunzătoare din timpul total de baleiere care poate fi alocat unui singur punct este foarte mică.

Deoarece nici fasciculul convergent, nici fasciculul divergent nu şterg relieful de sarcini, acesta continuă să integreze fiecare baleiaj al fasciculului de scriere, fiecare ţintă sau zgomot, şi fiecare punct repetat devine mai dens, pînă cînd întregul ecran devine strălucitor. Există oricum o procedură de ştergere, care poate să şteargă întreaga imagine, sau poate să execute o serie de ştergeri parţiale pentru a produce o gradare a revenirii ca pentru un fosfor persistent. Plaja de reglare, oricum permite utilizatorului să obţină frecvenţe de atenuare care nu pot fi realizate cu fosfor. Această ştergere progresivă poate fi utilizată pentru a da o atenuare foarte gradată a ecourilor ţintei astfel încît remanenţa procesului de atenuare indică direcţiile de deplasare. Aceeaşi tehnică este folosită în afişajele radar cu mare persistenţă pentru a distinge ţintele mobile de cele fixe, pentru a indica direcţia lor de deplasare şi pentru a le estima viteza.

Recent a fost pusă la punct o tehnică de ştergere selectivă, care permite eliminarea unor părţi din imaginea afişată fără să fie afectată partea rămasă.

Tubul cu memorie directă nu este o memorie ciclică deoarece, după scriere, nu necesită niciun baleiaj pentru a menţine imaginea. Spre deosebire de sistemul cu conversia baleiajului, care poate să asigure orice număr de afişaje tip rastru baleiat, tubul catodic cu memorie nu asigură niciun semnal de ieşire electronic.

Afişaje multicolore

Tuburile cinescoape utilizate în televiziunea color nu sînt cele mai indicate pentru afişajul datelor, deoarece ecranul este o matrice de puncte pentru trei culori primare şi, pentru a produce orice culoare dorită, fasciculul de electroni trebuie să fie direcţionat către punctele de culoarea respectivă. Dacă este necesară o culoare intermediară, pot să fie excitate două sau mai multe familii de puncte. În consecinţă, rezoluţia este slabă iar tubul este corespunzător numai pentru vizualizarea întregii scene de la o distanţă de cîţiva metri. Aceeaşi observaţie se aplică la tuburile cu indexarea fasciculului, ale căror ecrane sînt împărţite în benzi color în loc de puncte.

Metoda care pare să fie cea mai promiţătoare este metoda „penetron". Fosforul este dispus în două straturi diferite, cu o barieră de potenţial între ele. Electronii de joasă energie, produşi de potenţialul scăzut al anodului final, excită numai stratul superior (fiind stopaţi de bariera de potenţial) şi este produs primul strat color. Electronii de mare energie străbat ambele straturi, producînd o culoare diferită. Prin varierea potenţialului anodului final, tipic între 5 000 şi 15 000 V, nuanţa variază treptat de la o culoare extremă la cealaltă. Aceste tuburi nu produc plaja completă de culori, deoarece pot să asigure numai acele nuanţe produse prin mixarea a două culori şi nu pentru trei culori, dar produc o plajă satisfăcătoare din care 3 sau 4 culori contrastante pot fi selectate şi folosite pentru a identifica date de diferite tipuri.

Tubul prezintă două probleme. Puterea instantanee necesară pentru a schimba rapid culoarea este foarte mare, deoarece potenţialele tubului sînt mari, iar capacităţile tubului apreciabile. Astfel circuitele de modificare a culorii nu sînt simple şi, inevitabil, variaţia culorii nu este foarte rapidă. În momentul actual, timpii de variaţie se află în plaja 10÷÷200 μsec. Realizarea unor viteze mai mari este costisitoare.

A doua problemă este de o dificultate sporită: senzitivitatea deflexiei variază cu potenţialul anodului final şi, dacă nu sînt folosite circuite de corecţie speciale, dimensiunea imaginii variază cu culoarea. Au fost dezvoltate tehnici pentru a corecta această eroare dar costul este mărit.

Alt tip de strat cu fosfor, folosind acelaşi principiu, este acela al particulelor acoperite. În această metodă, particulele de fosfor pentru culoarea de energie mai mare, sînt acoperite cu un strat de material absorbant de energie, înainte de a fi mixate cu cele pentru celelalte culori. Ecranul este astfel realizat dintr-un singur strat. Rezultatele nu par să fie la fel de bune ca cele obţinute prin metoda dublului strat.

Au fost probate straturi cu fosfor mixate, fără nici o barieră de potenţial sau structuri dublu strat. Acestea produc variaţii ale culorii ca un rezultat al asocierii unor persistenţe diferite cu culori diferite. Un model frecvent generat va tinde să apară în culoarea fosforului de mică persistenţă, în timp ce acela generat la joasă frecvenţă tinde să aibă culoarea asociată cu persistenţa mai mare. Astfel, rapoartele asupra metodei nu sînt foarte încurajatoare.

Sînt de asemenea oferite tuburi, în care culoarea variază cu fasciculul de electroni. Aceasta conduce la apariţia unui conflict între cerinţele de culoare şi strălucire şi dificultăţile care apar pot să limiteze utilizarea tubului.

Afişaje cu ecran lat cu tub cinescop

Afişajele pentru conferinţe sînt realizate utilizînd tuburi convenţionale de 500 mm sau 610 mm (22 sau 24 in) în diametru, montate cu feţele lor orizontal. Acestea se pot utiliza pentru grupuri mici, avînd o valoare redusă pentru grupuri mari. În timpul celui de al 2-lea război mondial, cînd astfel de tuburi nu erau disponibile, era folosit tubul de proiecţie skiatron. Fosforul acestui tub era un strat translucid de clorură de potasiu, care devine fuchsină sub bombardamentul electronic dar nu emite lumină. Faţa tubului era luminată de o lampă cu vapori de mercur de mare presiune, şi proiectată pe un ecran cu diametrul de 61 cm (2 ft) din sticlă mată.

În prezent există o familie de tuburi „deformografice" care pot să proiecteze o imagine cu diagonală de cîţiva metri. Două dintre acestea depind pentru funcţionarea lor de deformările care apar într-un strat de ulei sub bombardamentul electronic. Un tub, dezvoltat în Europa şi oferit acum de Philips, este denumit „eidophor", iar celălalt este dezvoltat de General Electric din America. În ambele cazuri, suprafaţa uleiului este localizată în tubul evacuat şi este ţinută normal netedă şi curată. Este folosit un sistem de proiecţie Schlieren la care nu trece lumina pînă cînd suprafaţa uleiului nu este perturbată de fasciculul electronic. Ambele tuburi prezintă arderi ale catodului de la ulei, şi deteriorări de la bombardamentul cu electroni. Catozii ajung la o viaţă de 50÷100 de ore.

Eforturile de a izola stratul deformografic de incinta vidată şi tun, au condus la două direcţii de abordare. Într-o abordare ţinta fasciculului cu electroni este formată ca o matrice din fire foarte subţiri, izolate între ele, cu un cap înăuntru şi cu celălalt în exterior. Stratul de ulei este plasat în exterior şi este afectat de sarcinile care apar în fire datorită emisiei secundare de la capetele interioare. O astfel de ţintă este dificil de reprodus, în special deoarece trebuie să fie impenetrabilă la gaze, deşi incinta cu ulei nu este necesar să fie deschisă în atmosferă.

A doua abordare, anunţată în 1971 este de a realiza ţinta dintr-o folie de mică, în care se produce o emisie secundară de către un fascicul de electroni. În locul uleiului, stratul deformabil este realizat cu silastomer cu un strat de metal reflectorizant, depus prin evaporare pe suprafaţa sa exterioară. Deşi este separat de tunul de electroni prin folia de mică, incinta stratului este de asemenea vidată. Este prea devreme pentru a se afirma dacă cea de a 2-a abordare este mai promiţătoare.

Bibliografie

1. G. Destriau, H. F. Ivey. *Electroluminescence and Related Topics, Proc.* I.R.E., 43, 12, 1911, Dec. 1955.
2. R. Ellis, N. J. Werring, A. Vecht, P. J. Smith, J. H. Williamson. Zinc Sulphide dcel Displays with Longer Life, I.E.E. Conference Publication No 80, *Displays*, 205, 1971.
3. H. Radl-Koethe, E. Schubert. Comparative Studies of the Legibility of Light Emitting Numerals, Ibid, 217.
4. Burroughs Bulletin No. P101. *Panaplex Numeric Panel Display.*
5. A. R. Peaker. Light Emitting Diodes and Diode Arrays using Gallium Phosphide, I.E.E. Conf. Pub. No. 80, 49.
6. J. R. Peters, A. D. Brisbane. An Alphanumeric Word Module using Ga(AsP) Arrays in a Programmed-Function Keyboard. Ibid., 33.
7. B. A. Eales. A Scanned Ga(AsP) Display System, Ibid., 103.
8. Burroughs Bulletin No. S101. *Self-Scan Panel Displays.*
9. R. F. Hall, K. E. Johnson, G. T. Sharpless. A Tabular Data Display using a Cross-Bar Addressed Glow Discharge Panel, I.E.E. Conf. Pub. No. 80, 91.
10. J. G. Titchmarsh. The A. C. Plasma Panel, Ibid., 139.
11. F. Walters. D. C. Gas Discharge Matrix Displays, Ibid., 7.
12. P. B. Page. The Effects of Electronic Circuits on Alphanumeric Display Capabilities and Costs, Ibid., 97.

13. H. J. Williams, R. C. Sherwood, F. G. Foster, E. M. Kelley. Magnetic Writing on Thin Films of MnBi, *Jour. App. Phys.*, 28, 10, 1181, Oct. 1957.
14. T. Soller, M. A. Starr, G. E. Valley (Eds). *Cathode Ray Tube Displays*, Dover.
15. A. B. E. Ellis, A Direct View Storage Tube with Selective Erasure as a Data Terminal Display. I.E.E. Conf. Pub. No. 80, 1.
16. D. A. Boyland, D.J. Norman, L. S. Allard. Bi-Colour Display Tubes, Ibid., 39.
17. G. H. Heilmeier, L. A. Zanoni, L. A. Barton. Dynamic Scattering. A New Electrooptic Effect in Certain Classes of Nematic Liquid Crystals. *Proc. I.E.E.E.*, 56, 7, 1162, 1968.
18. G. W. Gray. *Molecular Structure and Properties of Liquid Crystals*, Academic Press, 1962.
19. P. J. Wild P. U. Schulthess. Liquid Crystal Bar Graph Displays. I.E.E. Conf. Pub. No. 80, 161.
20. H. R. Luxenberg, R. H. Kuehn (Eds). *Display Systems Engineering*, Chap. 10. McGraw-Hill.
21. A. Sansom, E. T. Kozol. Deformographic Storage Display Tube, I.E.E. Conf. Pub. No. 80, 325.

4

ASPECTE ELEMENTARE ALE PROIECTĂRII ŞI UTILIZĂRII TUBURILOR CATODICE

C. J. Richards

Sistemele moderne de transmisie şi afişare a datelor cuprind o mare varietate de echipamente complexe de detectare, transmitere şi prelucrare care implică investiţii masive destinate uzinelor, utilajelor auxiliare şi clădirilor. Apariţia microminiaturizării a permis proiectanţilor de echipamente să implementeze în sertare şi dulapuri mult mai multe funcţii electronice decît pînă acum şi astfel au fost realizate reţele impresionante de plachete cu circuite logice, cu un cablaj dens şi terminate cu numeroase conectoare şi trasee de cabluri, care se află în exploatare. Prin urmare este relativ uşor să se treacă cu vederea faptul că echipamentele şi programele de comandă conduc uneori la apariţia unor mici perturbări vizuale pe ecranul de sticlă acoperit cu o substanţă fosforescentă, care trebuie să fie analizate şi interpretate de operatorul care acţionează în consecinţă. Este o realitate faptul că numeroşii specialişti adînc implicaţi în proiectarea sistemului lor se gîndesc rareori la „utilizatorul" pentru a cărui satisfacţie lucrează cu toţii, în ultimă instanţă. Pe măsură ce sistemele permit prelucrarea şi afişarea unei cantităţi mai mari de informaţii, adesea în timp real, operatorul uman tinde să devină limita majoră a sistemului şi trebuie studiaţi cu mai multă grijă factorii umani asociaţi cu proiectarea şi funcţionarea unui sistem.

Prin urmare, acest capitol are în vedere 3 scopuri. Mai întîi, prezintă acele aspecte generale ale interfaţării om/maşină întîlnite în proiectarea de afişaje pe tuburi catodice cum ar fi caracteristicile substanţei fosforescente şi frecvenţa de repetiţie, care nu sînt tratate în capitolul următor. În al 2-lea rînd tratează cîteva din limitele cunoscute ale fiinţelor umane, inclusiv aspecte ale conducerii celor care au de îndeplinit munci de rutină care necesită totuşi o stare de veghe de mare intensitate. Este inclusă şi o secţiune privitoare la condiţiile optime de iluminat, care, dacă sînt aplicate, se ştie că îmbunătăţesc performanţele operatorului.

În final printr-o descriere succintă se tratează generarea şi claritatea simbolurilor pe afişajele cu tuburi catodice, problema fiind tratată doar la nivelul care să permită inginerilor mecanici să ajungă la o înţelegere generală a principiilor fundamentale ale anumitor aspecte ale generării caracterelor.

Caracteristici generale ale afişajelor pe tuburi catodice

În ceea ce priveşte tehnologia afişajelor asociate sistemelor de manipulare a datelor, deşi un număr de afişaje cu semiconductoare se află în diferite stadii experimentale, tipurile de afişaje cu tuburi catodice vor continua probabil să fie folosite mulţi ani de acum înainte, într-o formă sau alta. Caracteristicile tehnice care determină acceptarea acestora sînt:

(a) rezoluţia şi dimensiunile sînt astfel încît pentru majoritatea aplicaţiilor, toate informaţiile necesare pot fi prezentate şi analizate fără ambiguitate;

(b) strălucire şi contrast;

(c) imagine stabilă, fără efecte secundare cum ar fi pîlpîirea, răspunzînd în acelaşi timp cu rapiditate la modificări de date.

În limbajul tehnologiei afişajelor, aceste cerinţe sînt redate sub denumirea de strălucire a ecranului, frecvenţă a împrospătării, — care la rîndul său depinde de lăţimea de bandă a deflexiei şi de caracteristicile ecranului din punct de vedere al substanţei fosforescente, — dimensiuni ale spotului şi facilităţi disponibile de codare cum ar fi dimensiunile caracterelor, modulaţia strălucirii sau culoarea. Toate aceste facilităţi sînt interdependente, o intensificare a strălucirii necesitînd un curent mai mare al fasciculului electronic avînd ca urmare creşterea dimensiunilor spotului şi pierderea rezoluţiei.

În mod alternativ, o strălucire sporită se poate obţine prin creşterea frecvenţei împrospătării, prin deviere mai rapidă şi prin sporirea vitezelor de scriere.

Urmează discutarea cîtorva dintre caracteristicile majore ale tuburilor catodice, începînd cu o descriere sumară a tubului catodic propriu-zis şi a sistemelor sale de deflexie a fasciculelor.

Tubul catodic

Razele catodice au fost puse în evidenţă de William Crookes la sfîrşitul deceniului al 8-lea al secolului trecut şi deşi natura lor a rămas obscură timp de cîţiva ani, J. J. Thompson a stabilit în final că ele constau din particule încărcate negativ, sau electroni, mişcîndu-se cu viteze de ordinul unei treimi din viteza luminii.

Tubul catodic de bază este alcătuit din 4 secţiuni principale, după cum urmează (vezi figurile 4.1 şi 4.2):

(a) Un sistem de electrozi denumit de obicei ansamblu cu tun electronic care produce un fascicul de electroni cu viteze mari şi furnizează totodată un mijloc de comandă a intensităţii fasciculului.

(b) Un mijloc de focalizare a fasciculului într-un punct mic de pe ecran.

(c) Un sistem de deviere care dă posibilitatea îndreptării fasciculului focalizat asupra oricărei părţi a ecranului.

(d) Un ecran pe care se găseşte o peliculă dintr-un material care emite lumină vizibilă în momentul bombardării cu electronii care se mişcă rapid.

Întregul ansamblu este închis într-un înveliş vidat de obicei din sticlă, care poate lua o diversitate de forme, în funcţie de aplicaţii.

Sursa electronilor este un catod încălzit alcătuit dintr-un cilindru, de obicei din nichel, închis la unul din capete cu un disc plat şi conţi-

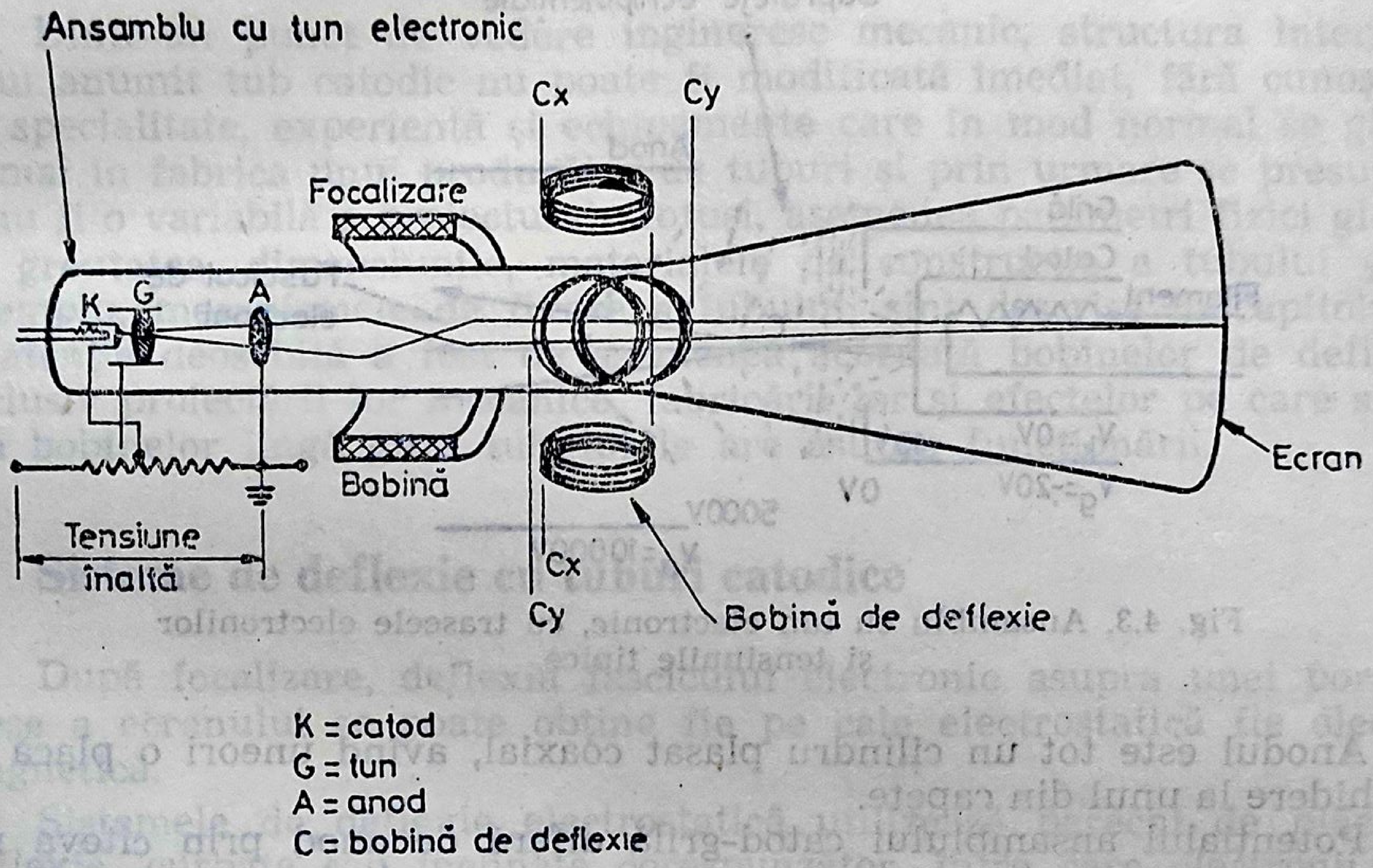

Ansamblu cu tun electronic
Cx
Cy
Focalizare
K
G
A
Bobină
Ecran
Tensiune înaltă
Cx
Cy
Bobină de deflexie
K = catod
G = tun
A = anod
C = bobină de deflexie

Fig. 4.1. Focalizarea şi deflexia magnetică.

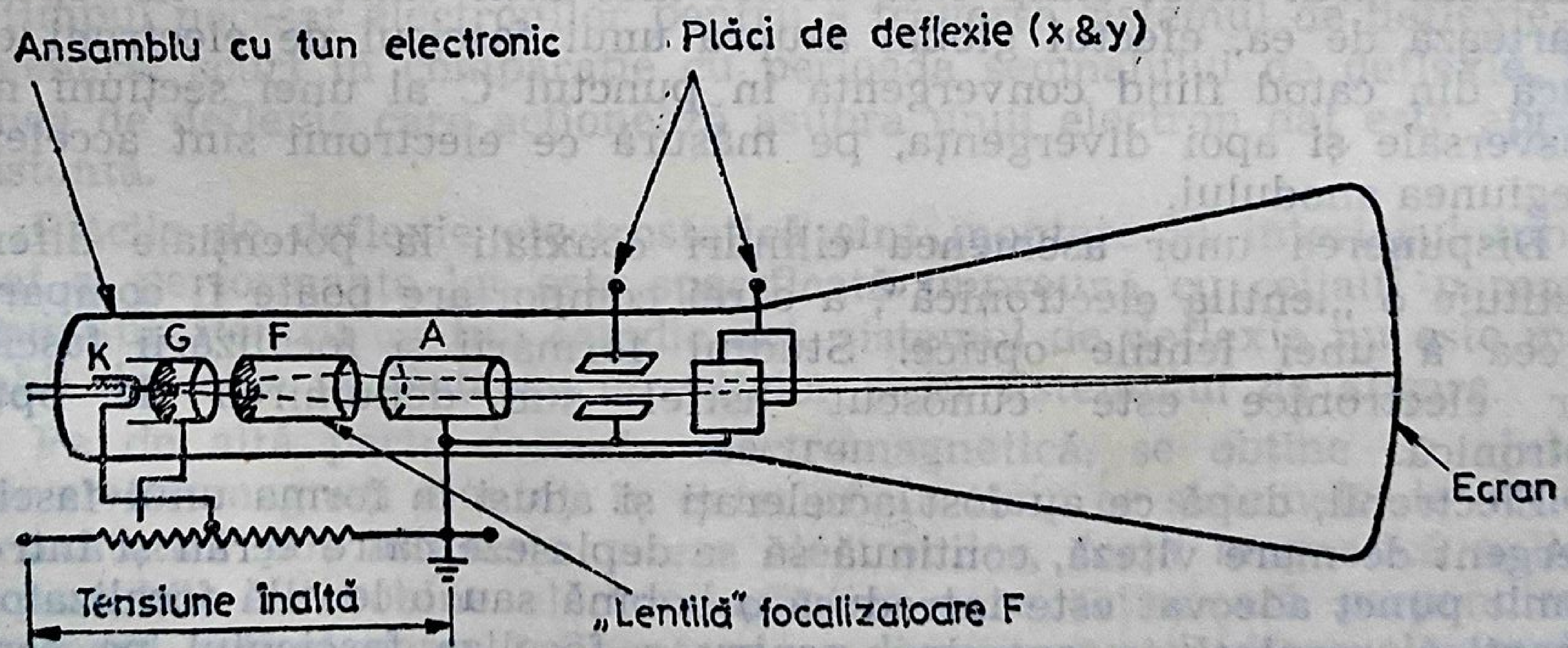

Ansamblu cu tun electronic
Plăci de deflexie (x &y)
K
G
F
A
Ecran
Tensiune înaltă
„Lentilă" focalizatoare F

Fig. 4.2. Focalizarea şi deflexia electrostatică.

nînd un corp de încălzire care este el însuşi izolat de cilindrul-catod. Discul este învelit cu un amestec de oxizi de bariu, stronţiu şi calciu, care se ştie că sporesc emisia de electroni de pe o suprafaţă încălzită.

Asociată cu catodul se află o grilă — sau electrod de comandă — care este menţinută la un potenţial uşor negativ în raport cu catodul (fig. 4.3). Grila ia forma unui cilindru plasat coaxial faţă de cilindrul catod, avînd de asemenea un disc de închidere la capătul anterior, dar de data aceasta discul are în centru un mic orificiu cu un diametru de ordinul a 1/2—3/4 mm.

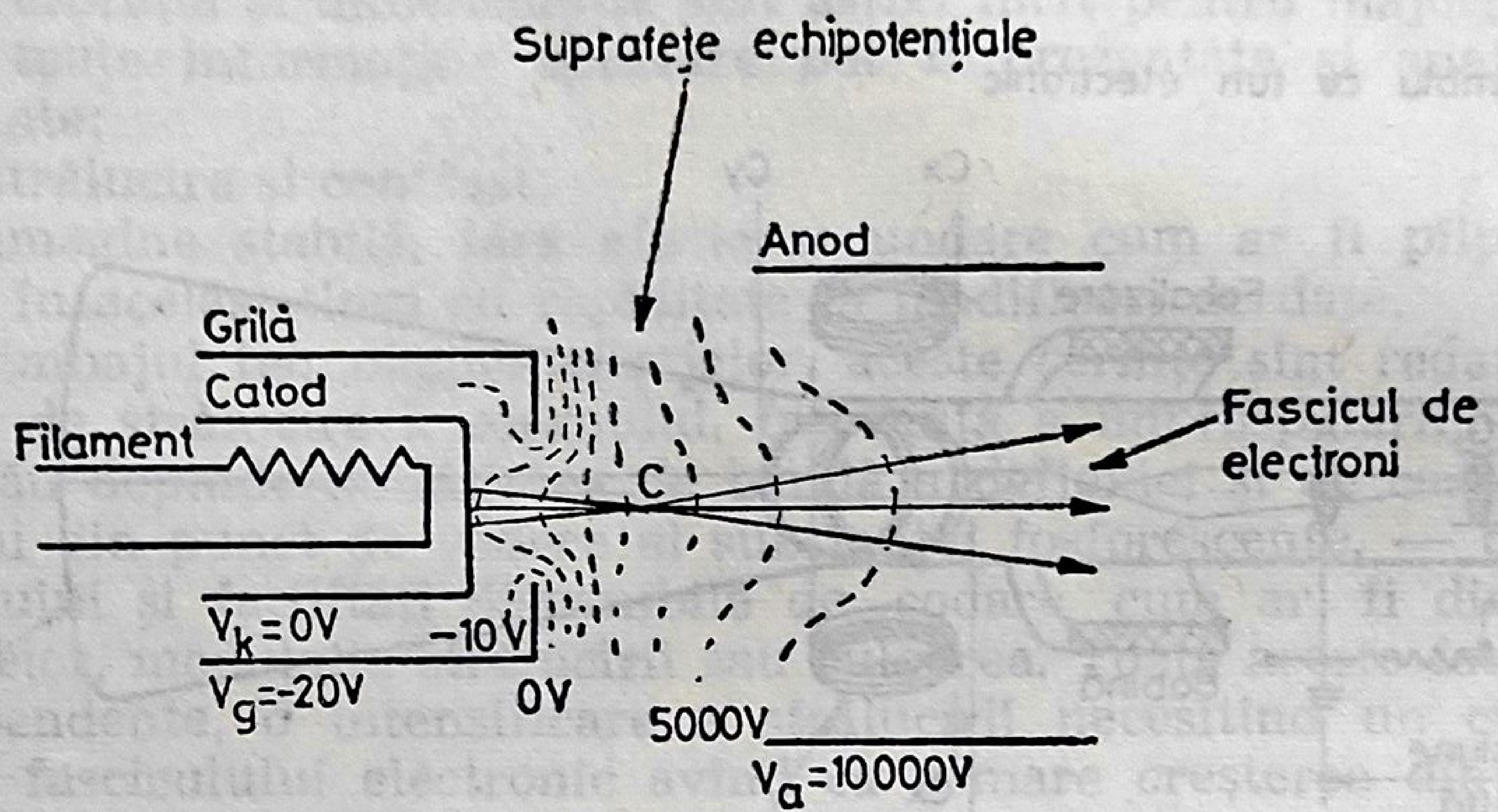


Fig. 4.3. Ansamblu cu tun electronic, cu traseele electronilor şi tensiunile tipice.

Anodul este tot un cilindru plasat coaxial, avînd uneori o placă de deschidere la unul din capete.

Potenţialul ansamblului catod-grilă diferă de anod prin cîteva mii de volţi, instalîndu-se astfel un cîmp electric ale cărui suprafeţe echipotenţiale sînt arătate punctat în fig. 4.3. Traseul unui electron care se deplasează prin acest cîmp este deviat mai întîi către axă iar apoi se depărtează de ea, efectul global asupra unui fascicul de electroni care pleacă din catod fiind convergenţa în punctul C al unei secţiuni mici transversale şi apoi divergenţa, pe măsură ce electronii sînt acceleraţi în regiunea anodului.

Dispunerea unor asemenea cilindri coaxiali la potenţiale diferite constituie o „lentilă electronică", a cărei comportare poate fi comparată cu cea a unei lentile optice. Studiul formării şi focalizării fasciculelor electronice este cunoscut astfel sub denumirea de optică electronică.

Electronii, după ce au fost acceleraţi şi aduşi la forma unui fascicul divergent de mare viteză, continuă să se deplaseze către ecran şi într-un anumit punct adecvat este introdusă o bobină sau o lentilă focalizatoare magnetică, montată în exterior, pentru a focaliza fasciculul pe ecran. Această tehnică de focalizare electromagnetică este folosită în sistemele radar cu definiţie înaltă. Focalizarea electrostatică folosind un sistem de lentile electrostatice încorporate constituie o tehnică alternativă.

Lentilele electronice sînt analoage sistemelor cu lentile optice şi suferă de pe urma aceloraşi defecţiuni cum ar fi aberaţia sferică (adică focalizarea razelor marginale mai aproape de lentile decît razele axiale), rezultînd o imagine cu diametru finit oricît de mic este obiectul, diametrul minim al fasciculului în spaţiul imaginii fiind cunoscut sub denumirea „cerc de confuzie minimă".

Mai mult, cîmpurile electrostatice ale sistemului de lentile pot interfera între ele, făcînd astfel focalizarea mai dificilă.

Dintr-un punct de vedere ingineresc mecanic, structura internă a unui anumit tub catodic nu poate fi modificată imediat, fără cunoştinţe de specialitate, experienţă şi echipamente care în mod normal se găsesc numai în fabrica unui producător de tuburi şi prin urmare se presupune a nu fi o variabilă a proiectului. Totuşi, asemenea parametri fizici globali ca greutatea, dimensiunile, materialele de construcţie a tubului şi de exemplu, mecanismele de fixare a tubului, sînt descrise în capitolul 5. O atenţie deosebită a fost de asemenea acordată bobinelor de deflexie, inclusiv proiectării lor mecanice, fabricării lor şi efectelor pe care situarea bobinelor lîngă gîtul tubului le are asupra funcţionării.

Sisteme de deflexie cu tuburi catodice

După focalizare, deflexia fasciculului electronic asupra unei porţiuni alese a ecranului se poate obţine fie pe cale electrostatică fie electromagnetică.

Sistemele de deflexie electrostatică utilizează perechi de plăci de deflexie, curbate sau înclinate corespunzător, între care electronii sînt imediat deviaţi către placa încărcată pozitiv, unghiul de deflexie fiind în funcţie de tensiunea aplicată şi de diverşi parametri ai tubului. Întrucît timpul necesar electronilor pentru a traversa sistemul de deflexie este în general scurt în comparaţie cu perioada semnalului de deflexie, tensiunea de deflexie care acţionează asupra unui electron dat este aproape constantă.

Plăcile de deflexie electrostatică sînt montate în interiorul tubului vidat şi performanţa lor este specificată împreună cu ceilalţi parametri ai tubului. Pentru un tub catodic dat, sistemul de deflexie nu este modificabil de către proiectanţii circuitelor şi al sistemului de afişare.

Pe de altă parte deflexia electromagnetică, se obţine cu ajutorul unor electromagneţi montaţi în exterior. În timp ce sistemele de deflexie electrostatică pot influenţa viteza electronilor, forţa magnetică aplicată de perechile de bobine electromagnetice care acţionează perpendicular pe cîmpul aplicat poate influenţa doar direcţia, nu şi viteza electronilor. Bobinele de deflexie magnetică, deşi pot fi proiectate pentru a face faţă unor caracteristici de deflexie speciale, au o viteză de deflexie redusă, în mare parte din cauza inerţiei electrice (inductanţa) a bobinelor. Între cele 2 tipuri de sisteme de deflexie poate fi făcută următoarea comparaţie elementară:

Tuburi cu deflexie magnetică

Avantaje

1. Au dimensiuni reduse ale spotului şi de aici o *definiţie* mai bună decît cea obţinută în mod obişnuit în sistemele de deflexie electrostatică. Strălucire de grad înalt.

2. Bobinele de deflexie pot fi modelate în jurul gîtului tubului, lăsînd astfel proiectantului mînă liberă pentru a crea un sistem de deflexie optimizat.

3. Tuburile catodice cu deflexie electromagnetică sînt în general mai ieftine, probabil datorită structurii mai puţin complexe a electrozilor interiori.

4. Tuburile catodice sînt mai scurte, pentru că pot fi folosite unghiuri de deflexie mai mari, fiind astfel necesar mai puţin spaţiu pentru a le adăposti. De asemenea, au deseori o schemă electrică de alimentare mai puţin complicată.

Dezavantaje

1. Sînt expuse la distorsiunea negativă, care trebuie corectată prin forma de undă aplicată bobinelor de deflexie. Această distorsiune este de obicei mai critică pentru tuburile de deflexie cu unghiuri mari.

2. Au viteză redusă de scriere, limitînd capacitatea de scriere de caractere a tuburilor conectate la sisteme de afişare acţionate de calculatorul electronic, în afară de cazul că pot fi proiectate bobine de deflexie cu inductanţă mică.

Tuburi cu deflexie electrostatică

Avantaje

1. Au viteze mari de scriere a caracterelor, de obicei de 10 ori mai mari decît tuburile echivalente care folosesc sisteme de deflexie electromagnetică.

2. Au sisteme interne de deviere, cu mai multe plăci, care permit utilizarea independentă a uneia sau a mai multor fascicule, o caracteristică ce nu se întîlneşte în mod normal la sistemele cu deflexie magnetică.

3. Nu sînt expuse la pătarea ionică a substanței fosforescente la centrul tubului.

Dezavantaje

1. Tuburile sînt în general mai lungi decît tuburile echivalente care folosesc devierea electromagnetică, în mare măsură pentru că trebuie menținut un unghi de deflexie mai mic, pentru a evita defocalizarea deflexiei. Acest ultim efect apare datorită împrăștierii cîmpului electrostatic de deflexie dincolo de marginile plăcii.

2. Incapacitatea de a transmite un curent înalt al fasciculului electronic în timpul menținerii unui spot mic.

Dimensiunile spotului de definiție

Deși este stabilit că dimensiunile spotului cresc o dată cu creșterea curentului fasciculului, efectul diferiților parametri ai tubului asupra dimensiunilor spotului fasciculului electronic și asupra feței tubului a fost determinat în mare măsură pe cale experimentală. Figura 4.4 arată variația dimensiunilor spotului, care se poate obține ca funcție de curentul fasciculului, dar dimensiunile reale ale spotului depind în mare măsură de toleranțele de fabricație realizabile ale ansamblului tunului electronic.

Un tub tipic de serie are dimensiunile spotului de ordinul 0,1—0,2% din diametrul ecranului tubului.

Dacă sînt necesare o definiție înaltă și eliminarea distorsiunii traseului, în cazul tuburilor catodice bazate pe optică electronică electro-

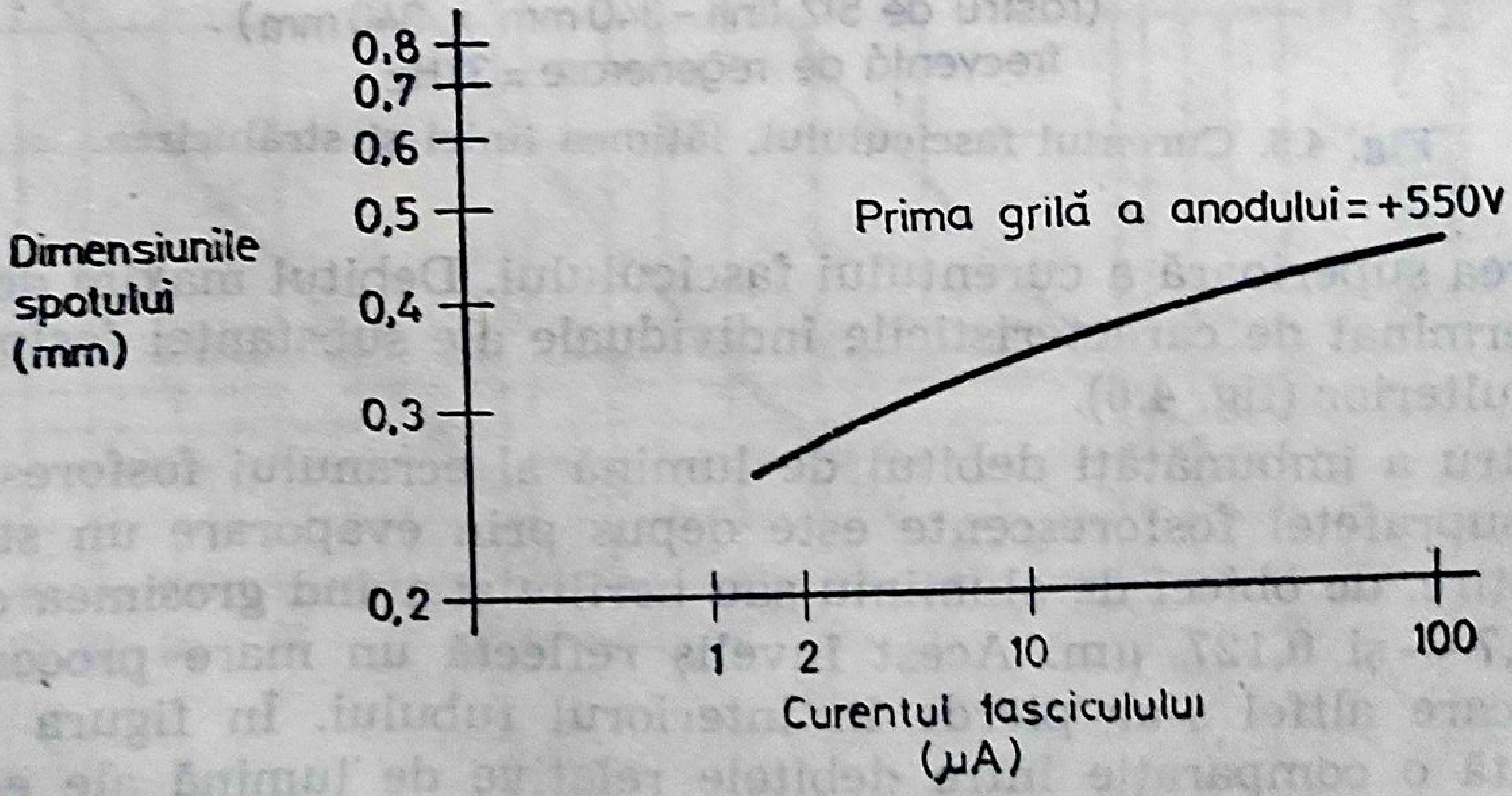


Fig. 4.4. Variația dimensiunilor spotului.

magnetică trebuie folosite juguri de deviere de mare precizie. Cele mai bune juguri a căror construire şi întreţinere sînt descrise în capitolul 5, au un cîmp magnetic uniform pentru a reduce defocalizarea spotului, şi 2 bobinaje ortogonale de deflexie instalate pentru a funcţiona în limita a 0,1 grade (electrice).

Luminanţa

Fig. 4.5 indică o relaţie aproximativă între rezoluţie şi intensitatea luminoasă în funcţie de curentul fasciculului. Trebuie remarcat că pentru o substanţă fosforescentă dată, debitul de lumină se apropie de saturaţie la valoarea superioară a curentului fasciculului. Debitul maxim de lumină este determinat de caracteristicile individuale ale substanţei fosforescente descrise ulterior (fig. 4.6).

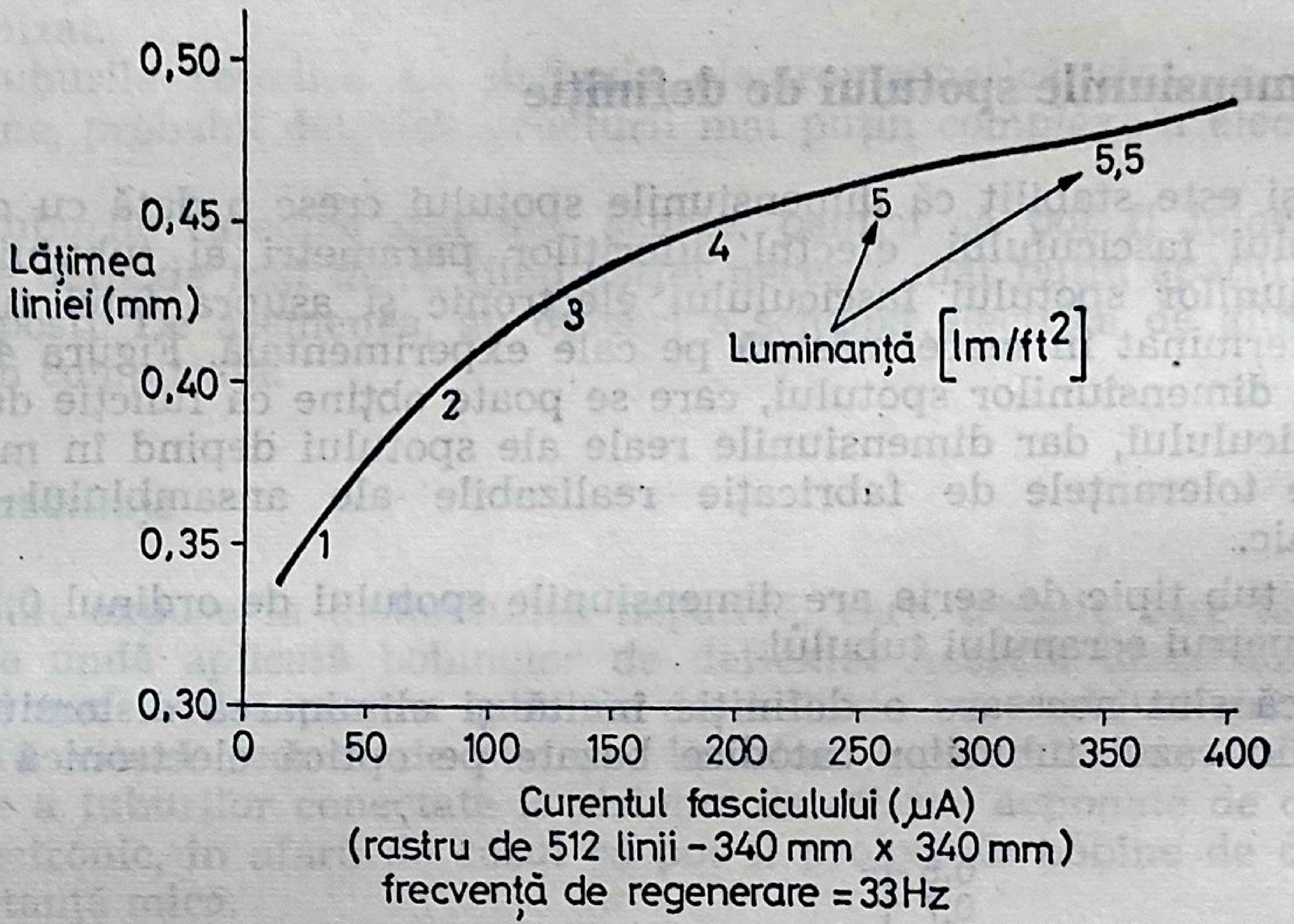
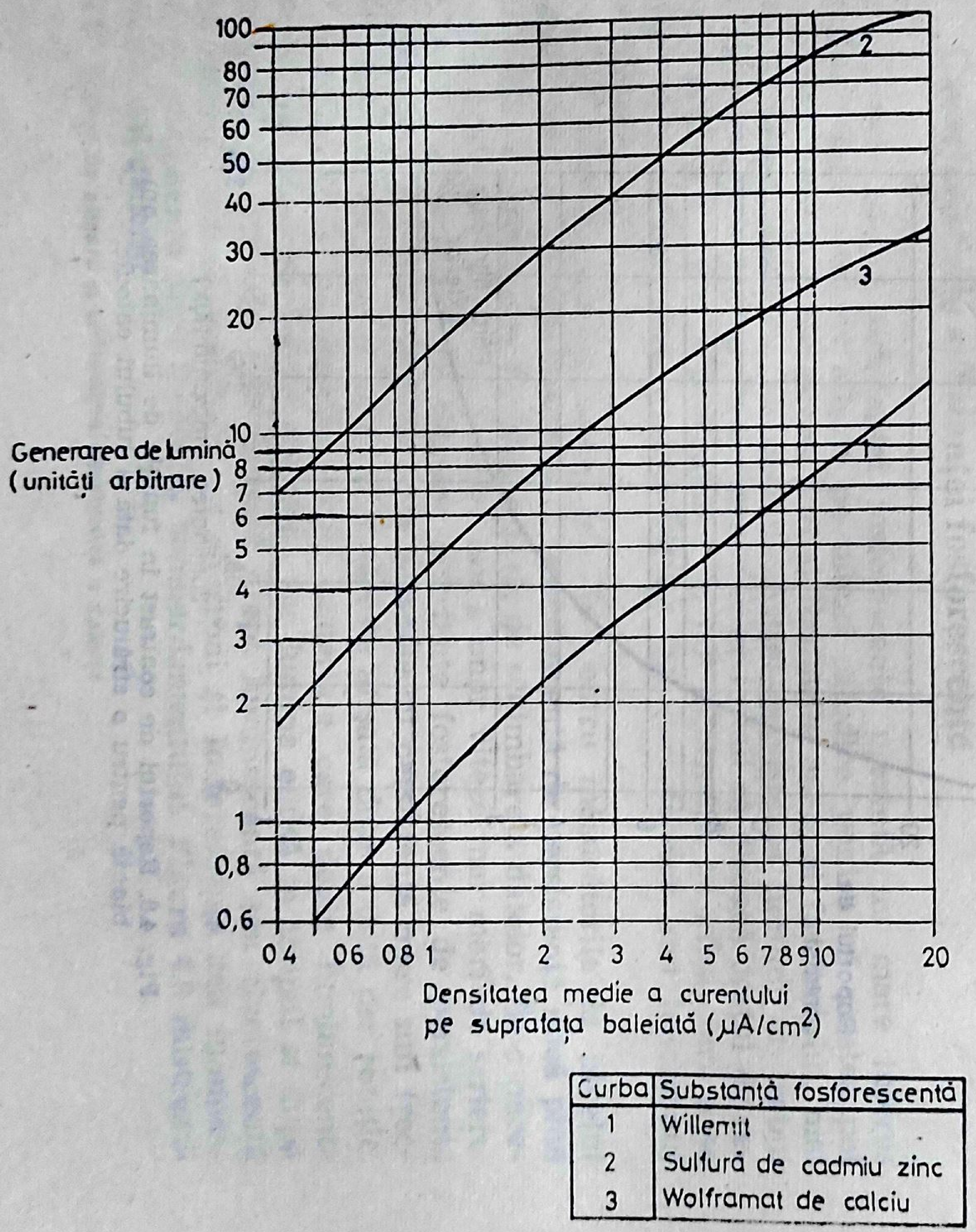


Fig. 4.5. Curentul fasciculului, lăţimea liniei şi strălucirea.

Pentru a îmbunătăţi debitul de lumină al ecranului fosforescent, pe spatele suprafeţei fosforescente este depus prin evaporare un strat metalic subţire, de obicei de aluminiu sau beriliu şi avînd grosimea cuprinsă între 12,7 — şi 0,127 µm. Acest înveliş reflectă un mare procentaj din lumina care altfel s-ar pierde în interiorul tubului. În figura 4.7 este prezentată o comparaţie între debitele relative de lumină ale ecranelor tratate cu aluminiu şi ale celor netratate.



Curba	Substanță fosforescentă
1	Willemit
2	Sulfură de cadmiu zinc
3	Wolframat de calciu

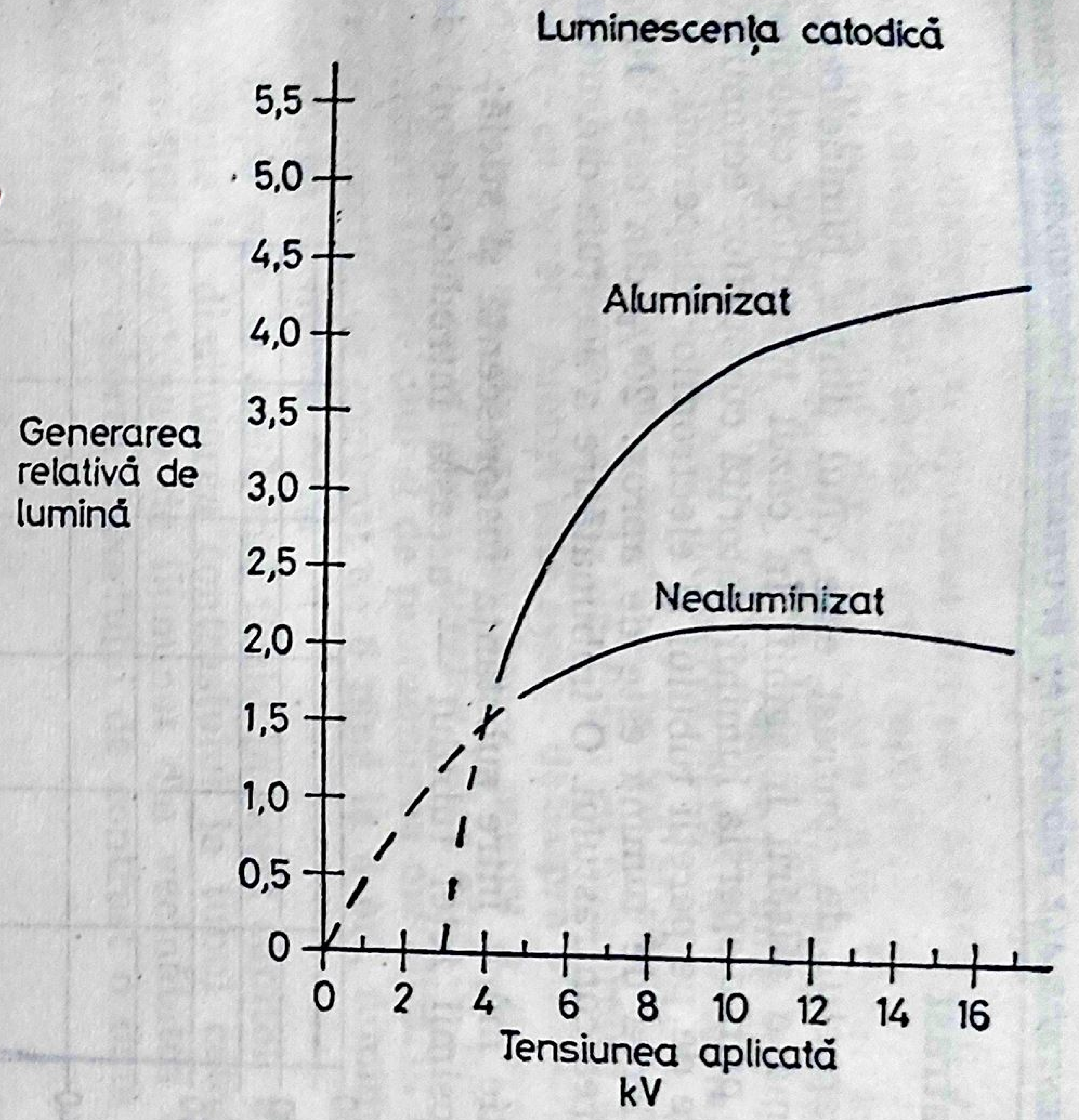


Fig. 4.7. Eficiența comparativă a unui ecran metalizat (cu Al) și a unuia nemetalizat.

Fig. 4.6. Debitul de lumină în funcție de densitatea de curent pentru 3 tipuri de substanțe fosforescente.

Raportul de contrast

Prin definiţie, raportul de contrast este cîtul dintre luminescenţa maximă şi cea minimă a afişării imaginii. În cazul tuburilor catodice, contrastul este redus prin dispersia luminii datorită curburilor ecranului, reflectărilor interioare de pe pereţii tubului şi electronilor dispersaţi.

În general, pierderea de lumină este de aprox. 20% din care 10% contribuie la micşorarea contrastului. O îmbunătăţire a acestuia din urmă depinde de:

(a) contactul optic mărit între substanţa fosforescentă şi sticlă;

(b) creşterea grosimii feţei tubului — aceasta introduce erori de paralaxă;

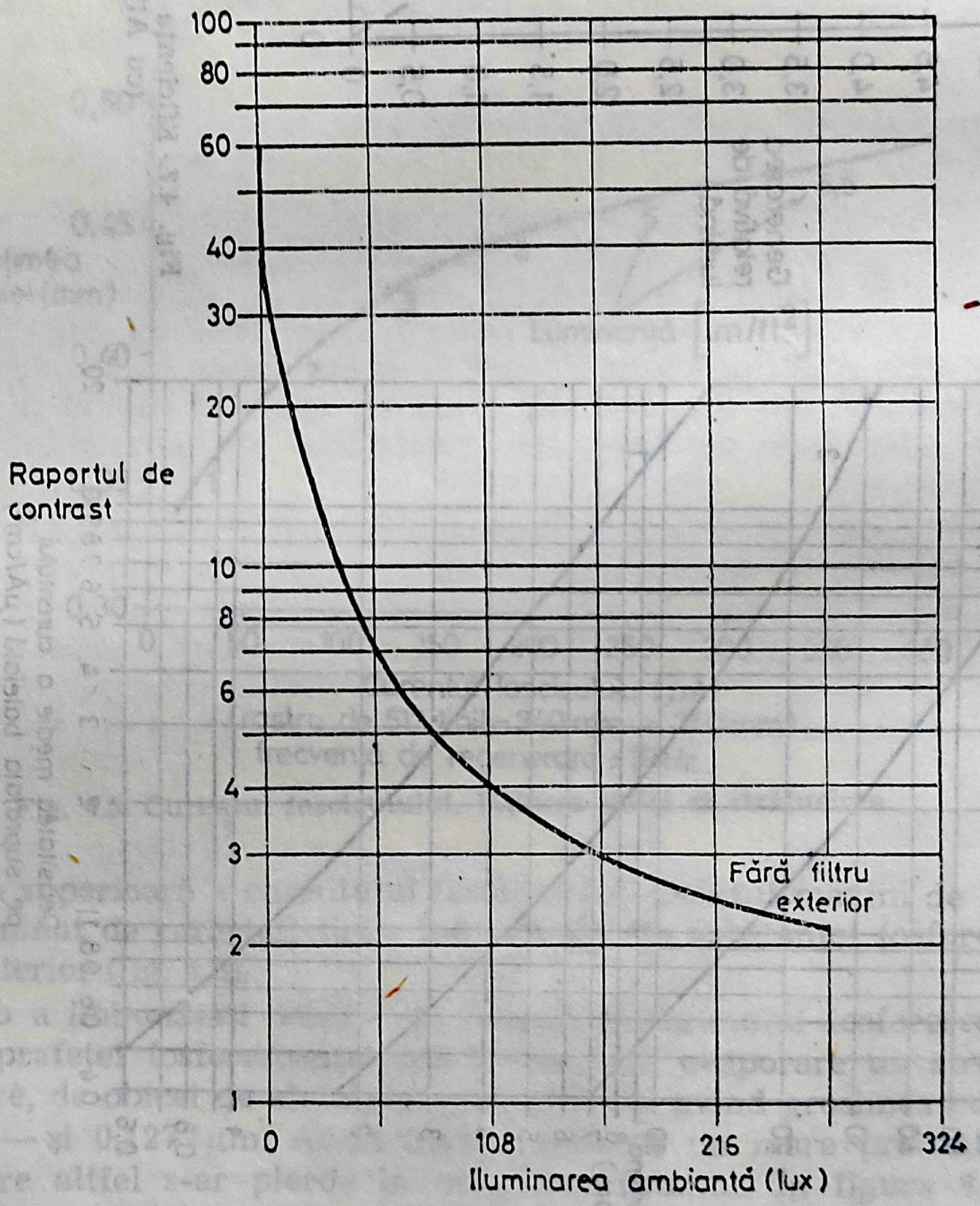


Fig. 4.8. Raportul de contrast în funcţie de iluminarea ambiantă pentru o strălucire dată a tubului catodic.

(c) reducerea cu ajutorul filtrelor, a efectului razelor reflectate aşa cum se discută mai tîrziu în acest capitol.

Un ecran alcătuit dintr-un sistem optic fibros este introdus uneori în cazul tuburilor catodice de înaltă definiţie, ecranul fiind construit din fibre relativ mici în raport cu dimensiunile spotului. În cazul acestor dispozitive dispersia sau pierderea definiţiei este mică.

O tehnică similară există şi pentru afişajele la care se poate tolera un unghi de vedere limitat. Un filtru cu microreţea avînd o structură tip fagure cu pereţii subţiri este aşezat deasupra afişajului, celulele fagurelui avînd aplicat un finisaj mat negru pentru a preveni reflectările interioare. Evident că eficienţa acestor filtre este în funcţie de dimensiunile deschiderii fagurelului şi de profunzimea metalizării. Un filtru tipic poate creşte raportul de contrast de 6 pînă la 8 ori, diminuînd în acelaşi timp strălucirea cu numai 20%.

După cum se arată mai tîrziu în acest capitol, un factor major care contribuie la diminuarea contrastului la tubul catodic este în legătură cu condiţiile ambiante de iluminat din vecinătatea afişajului şi fig. 4.8 ilustrează descreşterea raportului de contrast o dată cu creşterea iluminării ambiante.

Caracteristicile substanţei fosforescente

Caracteristicile substanţei fosforescente prezintă un mare interes pentru proiectantul de afişaje pe tuburi catodice, pentru că acestea pot fi folosite pentru a compensa parţial limitările energiei fasciculului, mai ales în cazul afişajelor discontinui. Astfel persistenţa luminii ar trebui să fie suficientă pentru vizualizare, dar ar trebui să dispară destul de repede pentru a permite prezentarea de noi informaţii pe afişaj fără a se produce o suprapunere a simbolurilor sau caracterelor, sau fenomenul de pătare.

În general, osciloscoapele folosite pentru măsurătorile la nivelul laboratoarelor folosesc o substanţă fosforescentă de persistenţă mică pînă la medie, din cauza fie a ritmului înalt de schimbare a datelor, fie a necesităţii unei străluciri mai intense sau a unor viteze mai mari de scriere. Ecranele afişajelor care folosesc substanţe fosforescente de persistenţă medie tind să reducă pîlpîirea, iar ecranele cu persistenţă mare sînt frecvente la afişajele radar, unde o ţintă este afişată doar o dată per rotaţie.

Substanţele fosforescente sînt materiale care devin luminescente după bombardamentul cu electroni, iar lumina emisă în timpul şi după procesul de excitare este definită drept luminescenţă sau fluorescenţă în timpul bombardamentului cu electroni şi fosforescenţă sau luminescenţă remanentă după încetarea bombardamentului. Figura 4.9 ilustrează principiul general.

Substanţele fosforescente trebuie să aibă următoarele proprietăţi:

a. stabilitate şi viaţă relativ lungă sub bombardamentul electronic.

b. gamă convenabilă a caracteristicilor de culoare, cu luminanţă intrinsecă ridicată şi luminanţă remanentă dirijată.

Mecanismul care conduce la producerea luminii depinde de transferul de energie de la electronii cu viteze mari ce bombardează cristalele substanţei fosforescente care sînt aduse la o stare de excitare printr-un asemenea bombardament incident şi, revenind la starea lor normală, eliberează energie radiantă în mare parte sub formă de lumină şi căldură. Frecvenţa (sau culoarea) emisiei de lumină depinde de prezenţa activatorilor metalici amestecaţi cu baze semiconductoare cum ar fi sulfiţii, seleviţii şi silicaţii. Activatorul este prezent doar în cantităţi mici, proporţia bazei semiconductoare în raport cu activatorul variind de la 100 la 100 000 părţi la 1. Metale cu cuprul, cromul, argintul şi manganul, pot ïi amestecate pentru a se obţine combinaţii de culori şi diverse caracteristici de persistenţă.

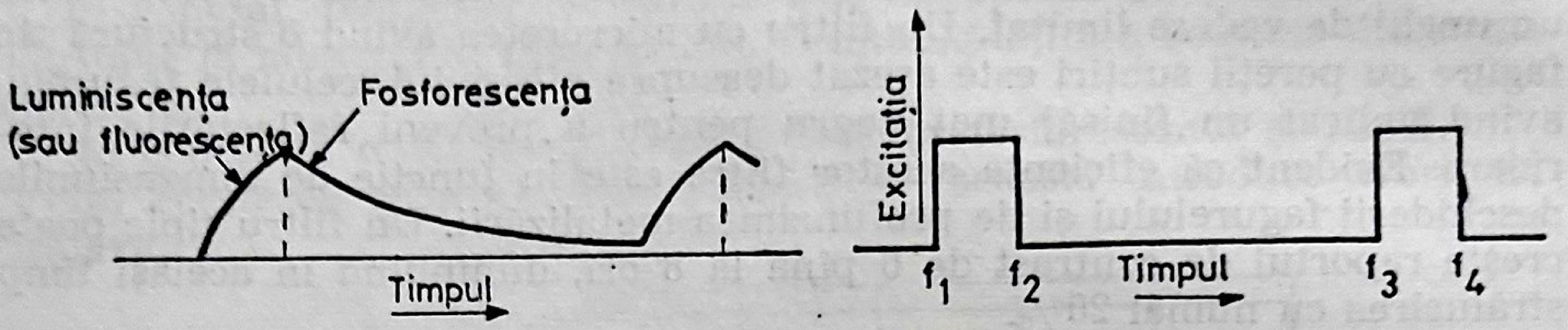


Fig. 4.9. Fluorescenţa şi fosforescenţa.

Strălucirea intrinsecă obţinută cu o anumită substanţă fosforescentă depinde de calităţile de combinare între caracteristicile sale spectrale şi curba de răspuns a ochiului uman. Aceasta din urmă este arătată în fig. 4.10, în care sensibilitatea ochilor la emisia de lumină este trasată în funcţie de lungimea de undă a luminii.

Valorile „P“ suprapuse se referă la substanţele fosforescente standard înregistrate ale Asociaţiilor Industriilor Electronice (EIA), ale căror caracteristici generale sînt de asemenea arătate în tabela 4.1 de mai jos.

În ce priveşte luminescenţa radiantă, P-4 şi P-33 par să se adapteze caracteristicilor ochilor mai ales că aceştia manifestă sensibilitate maximă în jurul a 550 mµ. P-31 are o persistenţă mică pînă la medie şi în consens necesită o frecvenţă de împrospătare de ordinul a 55 Hz pentru a se obţine o afişare fără pîlpîire.

Cel de al doilea factor care determină emisia de lumină priveşte eficienţa fasciculului electronic însuşi. Un tub catodic, funcţionînd cu un potenţial al anodului de 10 KV şi folosind substanţa fosforescentă P-1. are o eficienţă luminoasă de aproximativ 6%.

Evident că nu toată energia fasciculului este folosită pentru producerea luminii întrucît, înafară de o pierdere de energie prin căldură, pier-

Tabela 4.1

Caracteristicile substanțelor fosforescente standard înregistrate ale EIA
(Asociația industriilor electronice)

Substanța fosforescentă	Culoarea emisiei		Persistența (pentru definiții vezi tabelul 4.2.)	Aplicații
	Fluorescența	Fosforescența		
P-1	verde gălbui	verde gălbui	medie	radar & oscilograf cu raze catodice
P-2	verde gălbui	verde gălbui	medie	oscilograf cu raze catodice
P-3	portocaliu gălbui	portocaliu gălbui	medie	
P-4	alb	alb	medie pînă la scurtă medie	tub catodic pentru redarea imaginii în televiziunea monocromă
P-7	alb	verde gălbui	albastru, scurtă, medie; verde galben lungă	radar
P-11	albastru	albastru	scurtă medie	înregistrare fotografică
P-12	portocaliu	portocaliu	lungă	radar
P-13	portocaliu roșcat	portocaliu roșcat	medie	
P-14	albastru purpuriu	portocaliu galben	albastru, scurtă medie; portocaliu medie	
P-17	alb-galben pînă la alb-albastru	galben	albastru, scurtă galben, lungă	afișaje militare
P-19	portocaliu	portocaliu	lungă	indicatoare radar
P-20	verde pînă la verde-galben	verde pînă la verde galben	medie la scurtă	afișaje cu vizibilitate înaltă
P-21	portocaliu roșcat	portocaliu roșcat	medie	
P-23	alb	alb	medie	alb (sepia) de joasă temperatură interschimbabilă cu P-4
P-24	verde	verde	scurtă	tub pentru exploratorul cu spot bil
P-25	portocaliu	portocaliu	medie	afișaje militare
P-26	portocaliu	portocaliu	foarte lungă	afișaje radar
P-27	portocaliu roșcat	portocaliu roșcat	medie	service de comandă pentru televiziunea în culori
P-28	verde-galben	verde-galben	lungă	afișaj radar
P-29	ecran cu substanță fluorescentă bicolor			indicator pentru instrumente ale aparatelor de zbor
P-31	verde	verde	scurtă medie	oscilografie
P-32	albastru-purpură	verde-galben	lungă	radar
P-33	portocaliu	portocaliu	foarte lungă	radar
P-34	verde albastru	verde-galben	foarte lungă	acumulare de informații vizuale
P-35	verde	albastru	scurtă medie	oscilografie

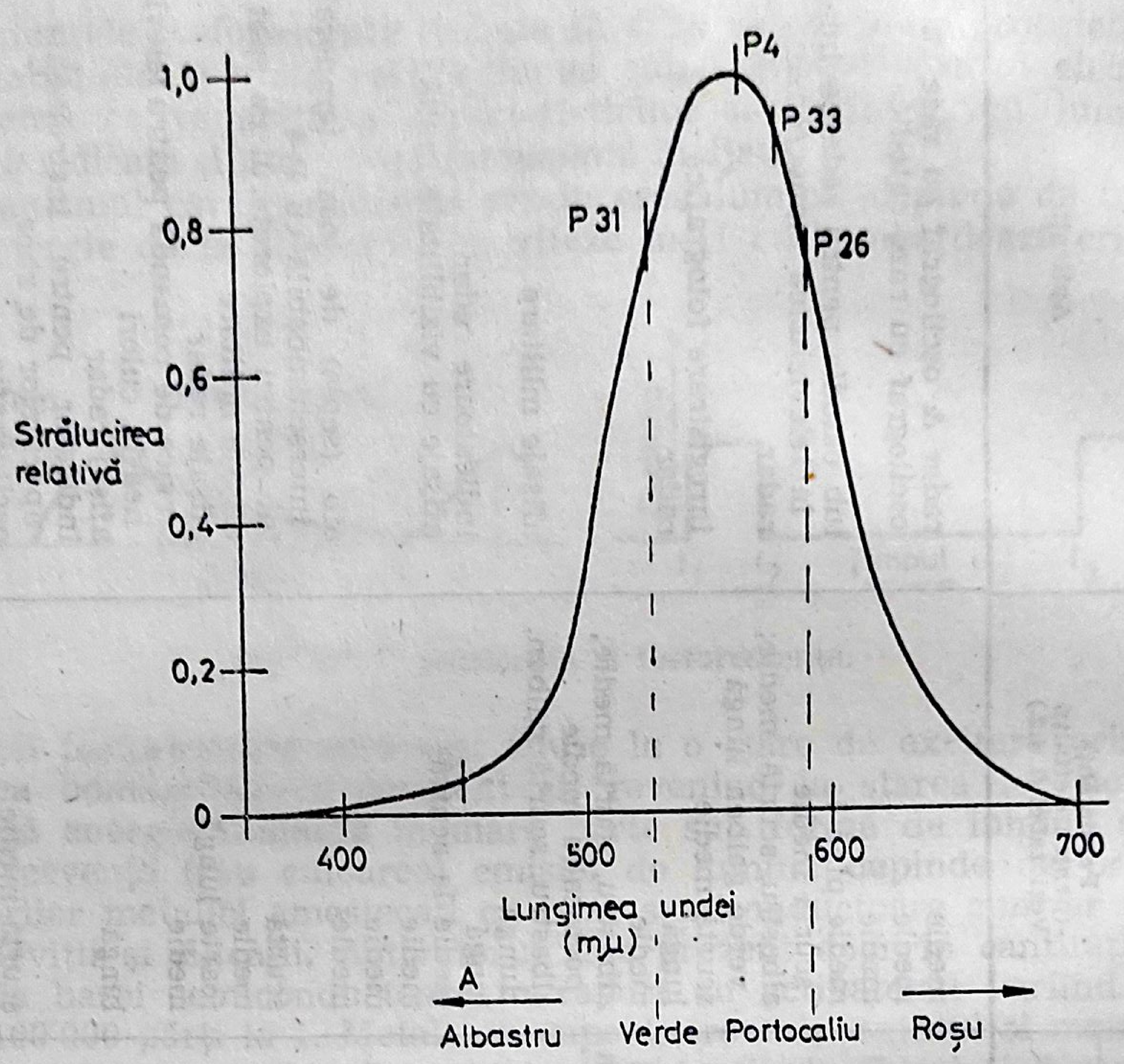


Fig. 4.10. Curba luminozităţii relative la nivele mari de strălucire pentru ochiul uman.

Taleba 4.2

Timpul necesar pentru a creşte la 90% din strălucirea staţionară sau Timpul necesar pentru a cobori la 10% din strălucirea finală	Descrierea în cuvinte a duratei de creştere sau scădere a luminescenţei
1 s sau mai mult	foarte lungă
100 ms pînă la 1 s	lungă
1 ms — 100 ms	medie
10 μs — 1 ms	medie scurtă
1 μs — 10 μs	scurtă
mai puţin de 1 μs	foarte scurtă

derea electronilor incidentali poate fi atribuită reflexiei (sau reemisiei). Dacă se practică o tratare cu aluminiu pe suprafaţa posterioară aşa cum s-a descris anterior, energia se va pierde străbătînd acest strat subţire.

Alte pierderi pot fi puse pe seama emisiei secundare, dispersiei interioare, reflexiei, și absorbției în substanța fosforescentă.

Descrierea dată în tabela 4.1 în coloana intitulată „persistență" corespunde unei nomenclaturi standard referitoare la caracteristicile de creștere și scădere a luminescenței așa cum se arată în tabela 4.2.

Saturația termică

Aceasta pune o nouă limită luminescenței tubului catodic. Temperatura ecranului se stabilește la condiții de echilibru termic, creșterea temperaturii fiind în funcție de energia fasciculului și deci în funcție de curentul și tensiunea fasciculului.

S-a observat că o creștere mică a temperaturii îmbunătățește emisia luminoasă a anumitor substanțe fosforescente, dar pe măsură ce temperatura continuă să crească, saturația termică devine efectivă în cazul tuturor substanțelor fosforescente și emisia de lumină scade. Strălucirea descrește, dar luminescența normală revine prin răcire, în afară de cazul că substanța fosforescentă a fost arsă. Efectele saturației termice pot fi preîntîmpinate prin răcirea cu aer a ecranului sau prin dirijarea căldurii în afară, prin stratul interior de aluminiu.

Oboseala substanței fosforescente

Luminescența ecranului se deteriorează cu timpul din 2 motive:

a. distrugerea fizică a substanței fosforescente datorită bombardamentului electronic;

b. distrugerea fizică și deteriorarea chimică a substanței fosforescente datorită bombardamentului ionic.

Ionii pozitivi și negativi sînt produși prin coliziunea electronilor cu orice gaz rămas în tub după evacuare și acești ioni, avînd o valoare mai mare a raportului masă/sarcină (m/e) decît electronii, nu pot fi deviați cu ușurință de sistemul de deflexie electromagnetică al tubului. (Acest lucru nu este valabil și pentru sistemele de deflexie electrostatică, întrucît în cazul acestora devierea este independentă de sarcina și masa particulei). Prin urmare toți ionii grei pozitivi și negativi din tub sînt deviați pe aceleași trasee ca și electronii, ionii negativi atingînd ecranul și dispersîndu-și ciocnirile în mod uniform (ionii pozitivi se întorc la catod).

Astfel, numai în cazul sistemelor de deflexie electromagnetică bombardarea cu ioni a centrului ecranului poate deteriora substanța fosforescentă în acea zonă, făcînd-o să devină întunecată prin uzură (pătarea ionică). Supraîncălzirea cu un fascicul luminos static are același efect final.

Din cauza efectului dăunător al ionilor, la fabricare se acordă multă grijă spre a se reduce generarea lor. Se întrebuinţează diverse metode pentru a evita pătarea ionică, una din acestea deviind fasciculul electronic pe parcursul propagării lor către ecran. Inerţia ionilor grei nu poate urmări acest ritm de schimbare a direcţiei dacă se utilizează deflexia electromagnetică şi aceştia ricoşează în altă parte (capcana de ioni).

Pe măsură ce tuburile îmbătrînesc, producerea de ioni creşte şi apare deteriorarea substanţei fosforescente sau oboseala. În practică, avarierea tuburilor este cauzată cel mai adesea de alţi factori, inclusiv reducerea emisiei catodice, distrugerea posibilă a filamentului şi scurtcircuite interne cauzate de vibraţiile provocate pe cale mecanică.

Fixarea adecvată a tubului, descrisă în capitolul 5, este de primă importanţă pentru o funcţionare de lungă durată.

Pîlpîirea sau frecvenţa de repetare a afişării

Majoritatea afişajelor radar convenţionale necesită prezentarea informaţiilor lor în mod recurent dacă asemenea date trebuie să rămînă vizibile mai mult de cîteva milisecunde.

Repetarea sau frecvenţa împrospătării nu este doar în funcţie de caracteristicile de degradare a substanţei fosforescente ci depinde de asemenea de respectarea unor factori subiectivi ce ţin de operatori.

Astfel, trebuie obţinută o frecvenţă minimă de împrospătare pentru a prezenta o imagine relativ stabilă fără a deranja sau obosi privitorul a cărui reacţie poate varia în timp cît şi în funcţie de mediul înconjurător afişajului. Asupra acestui subiect există o mare cantitate de informaţii, dar întrucît variabilele nu sînt interpretate cu uşurinţă, este adoptată o abordare empirică pentru a determina pragul de pîlpîire pentru o substanţă fosforescentă dată. Astfel, se ştie că P-7 se comportă fără pîlpîiri atunci cînd frecvenţa de repetare este cuprinsă între 23 şi 31 Hz la o strălucire de 34 nt şi între 43 şi 50 Hz la 170 nt.

Astfel perceperea pîlpîirii este în funcţie de vîrsta privitorului şi într-un interval de joasă frecvenţă cuprins între 9 şi 15 Hz, luminile pîlpîitoare apar mai strălucitoare decît o lumină stabilă de aceeaşi intensitate, fenomenul fiind legat de ritmul alpha al creierului. Recent au fost întreprinse numeroase cercetări de către Institutul Britanic de medicină al aviaţiei, Laboratoarele de cercetări medicale aerospaţiale din Ohio — S.U.A., cît şi de către Laboratoarele fizice naţionale (Anglia) asupra comenzii fotice. Astfel, frecvenţele critice ce corespund ritmului alpha al creierului privitorului individual pot fi tulburătoare pînă într-atît încît să apară confuzia vizuală şi oboseala internă. În anumite condiţii se poate produce o stare de tip *„petit mal“*. Sincronizarea cu ritmul beta al creierului în jurul a 20 Hz produce de asemenea efecte fiziologice care, din fericire și potrivit stadiului actual al investigațiilor, se limitează numai la oboseală. Frecvența optimă de repetare este, mai mult decît atît, în funcție de lungimea de undă a luminii, de variațiile strălucirii, de localizarea pe retină, de raportul de contrast și de dimensiunile obiectului scînteietor. Cu titlu de recomandare pentru inginerii de afișaje, este de dorit o frecvență de împrospătare cuprinsă între 50 și 60 Hz. Folosind anumite substanțe fosforescente de persistență îndelungată, o frecvență de împrospătare de 15 Hz este acceptabilă, deși orice frecvență sub 15 Hz este considerată a fi dăunătoare cît și tulburătoare pentru operator.

Factori umani

Ca senzori, ființele umane sînt limitate la un interval relativ îngust de percepere a energiei. Vizual, ochiul, deși extrem de sensibil în detectarea nivelelor de energie joasă cuprinse aproximativ în intervalul de la 300 la 1 000 mμ ai lungimii de undă, poate detecta numai o foarte mică parte a spectrului electromagnetic (fig. 4.11). În mod similar, în ce privește perceperea auditivă, este detectabilă o frecvență cuprinsă între 20 și 20 000 Hz, deși urechea este capabilă să perceapă sunetele foarte slabe din această lățime de bandă.

De fapt, deși intervalul este mic în comparație cu spectrul total al energiei, discriminarea umană este excelentă (adică, capacitatea de a detecta diferențe de intensitate sau calitate) — adesea chiar supărător de

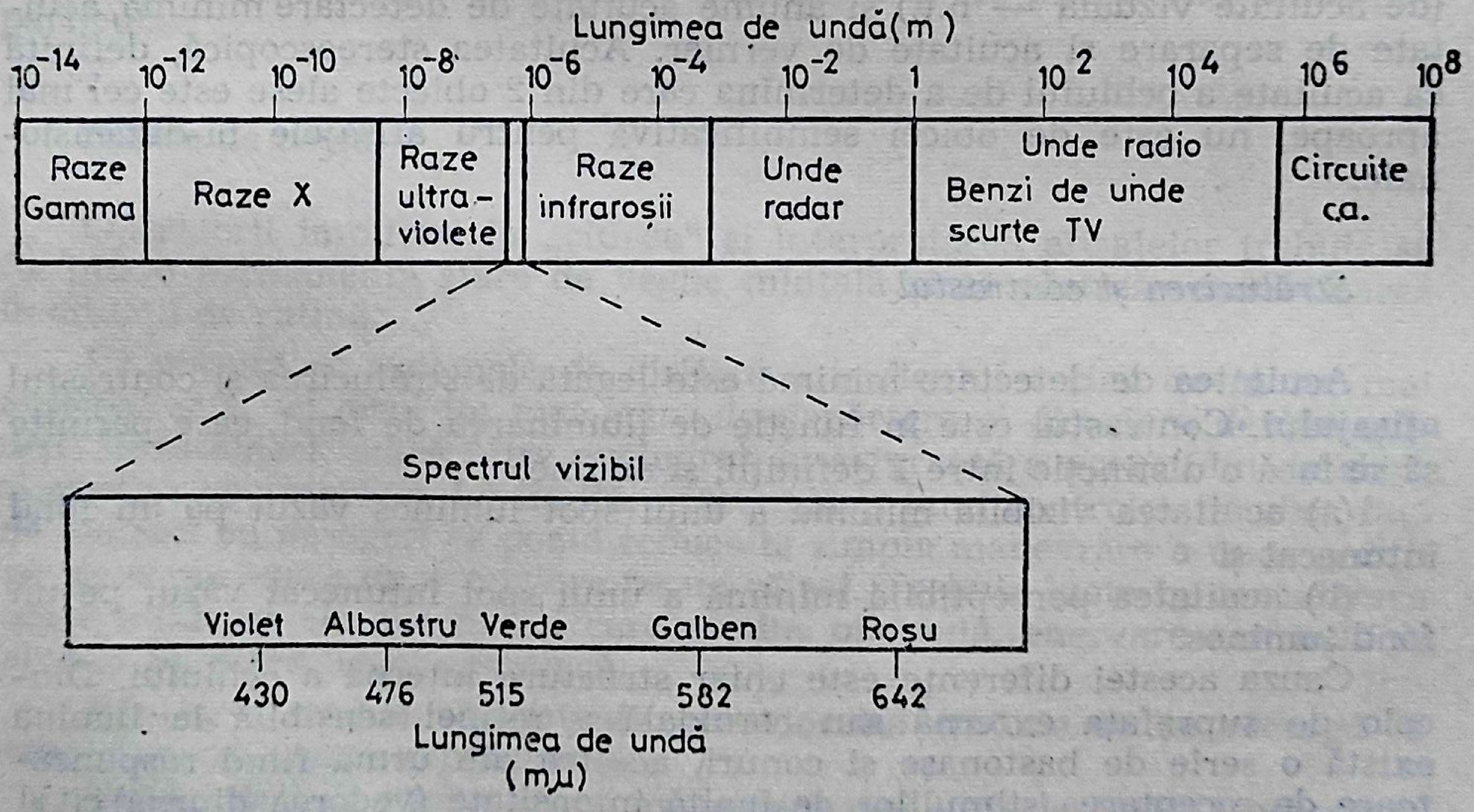

Lungimea de undă(m)
10⁻¹⁴
10⁻¹²
10⁻¹⁰
10⁻⁸
10⁻⁶
10⁻⁴
10⁻²
1
10²
10⁴
10⁶
10⁸
Raze Gamma
Raze X
Raze ultra-violete
Raze infraroșii
Unde radar
Unde radio
Benzi de unde scurte TV
Circuite c.a.
Spectrul vizibil
Violet
Albastru
Verde
Galben
Roșu
430
476
515
582
642
Lungimea de undă (mμ)

Fig. 4.11. Spectrul electromagnetic.

excelentă pentru proiectanţii de echipamente de interfaţă om/maşină, cum ar fi afişajele TRC. În condiţii ideale, omul poate detecta vizual:

(a) — diferenţe ale lungimii de undă de mµ (10 Å, 1 unitate Angstrom$=10^{-8}$ cm);
(b) — diferenţe de intensitate de 1%;
(c) — forme ce parvin ochiului sub un unghi arc de 1 minut şi adesea chiar obiecte mai mici.

Pînă la un anumit punct, discriminarea umană se îmbunătăţeşte proporţional cu o creştere a stimulării, dar există limitări severe în ce priveşte interpretarea adecvată a oricăror asemenea stimuli peste o perioadă prelungită de timp şi în condiţii de mediu indiferente sau ostile. Mai mult, discriminarea se îmbunătăţeşte prin pregătire, adică învăţînd operatorul ce informaţii trebuie să caute.

Pe parcursul ultimilor cîţiva ani, cu privire la această chestiune au fost acumulate date considerabile, următoarele domenii fiind discutate pe scurt în cele ce urmează:

(a) — acuitatea vizuală,
(b) — strălucirea şi contrastul, şi
(c) — starea de veghe.

Acuitatea vizuală

Acuitatea vizuală este abilitatea ochiului de a vedea detalii mici, subtile, iar în privinţa afişajelor se consideră de obicei că există 3 tipuri (de acuitate vizuală — n.t.) şi anume acuitate de detectare minimă, acuitate de separare şi acuitate de vernier. Acuitatea stereoscopică, definită ca acuitate a ochiului de a determina care din 2 obiecte alese este cel mai aproape, nu este de obicei semnificativă pentru afişajele bi-dimensionale.

Strălucirea şi contrastul

Acuitatea de detectare minimă este legată de strălucirea şi contrastul afişajului. Contrastul este în funcţie de iluminarea de fond, care permite să se facă o distincţie între 2 definiţii, şi anume:

(a) acuitatea vizibilă minimă a unui spot luminos văzut pe un fond întunecat şi

(b) acuitatea perceptibilă minimă a unui spot întunecat văzut pe un fond luminos.

Cauza acestei diferenţe este chiar structura internă a ochiului. Dincolo de suprafaţa externă sau coroidală a retinei sensibilă la lumină există o serie de bastonaşe şi conuri, acestea din urmă fiind răspunzătoare de receptarea stimulilor de înaltă intensitate (vederea diurnă) cît şi pentru aprecierea variaţiei lungimii de undă a luminii incidente (vederea culorilor). Pe de altă parte bastonaşele intră în funcţiune mai ales atunci cînd lumina este mai puţin intensă. Ele sînt răspunzătoare de „vedere la lumină crepusculară“ şi este semnificativ faptul că ochii fiinţelor nocturne sau ai animalelor ce trăiesc în adîncurile mărilor au bastonaşe şi nu conuri în retina lor. Un fond uniform strălucitor tinde să excite toate conurile şi un spot întunecat pe acest fond este dificil de detectat (perceptibilitate minimă). Un spot strălucitor pe un fond întunecat se discerne mai uşor (vizibilitate minimă).

Pentru majoritatea afişajelor, nivelul optim de strălucire este cuprins între 70 şi 240 nt, dacă se poate obţine un contrast suficient (în anexă este dat un tabel cu unităţile optice şi transformarea lor). Contrastul este de obicei definit ca reprezentînd diferenţele de strălucire la afişajele cu TRC şi limita obişnuită de funcţionare este un raport maxim de contrast de 20 : 1.

Tranziţia în interiorul ochiului de la vedere „diurnă“ la vedere la „lumină crepusculară“ (de la vederea cu conuri la cea cu bastonaşe) se petrece la aproximativ 0,034 nt, cînd acuitatea vizuală scade rapid şi prin urmare afişajele au nevoie de un nivel de strălucire minim de peste 0,34 nt. Nivelele iluminatului ambiant, inclusiv aplicaţiile speciale la camerele radar „întunecate“ sînt discutate mai tîrziu.

Comentariul de mai sus asupra limitelor „vizuale“ ale operatorului pot fi explorate în continuare, citind numeroasele referinţe excelente de la sfîrşitul acestui capitol. Totuşi, discuţiile cu privire la fizionomia corpului ignoră aspectele la fel de importante ce ţin de activitatea de conducere (management) a oamenilor în general şi de monotonia muncii în particular.

Starea de veghe

Operatorii implicaţi în „citirea“ şi interpretarea afişajelor trebuie să fie într-o permanentă stare de veghe mintală şi să păstreze concentrarea în situaţii de rutină.

Pe măsură ce sistemele de dirijare a traficului aerian devin tot mai automatizate, un grad tot mai mare de depărtare şi disociere devine evident între obiect, adică între evoluarea în siguranţă a aparatului de zbor, şi sarcina operatorilor. La limită, preocuparea unui controlor de zbor faţă de avionul cu pasageri se poate reduce la simpla manevrare a unor poziţii pe un ecran sau a unor numere pe un afişaj. Trebuie luate în considerare acele trăsături ale sistemului care produc oboseală, enervare sau ineficienţă în folosirea forţei de muncă.

Pentru a evalua competenţa operatorului trebuie să se recurgă la tehnicile psihologiei experimentale.

Tema stării de veghe a fost examinată mai întîi de N. H. Mackworth la începutul anilor 40, şi de atunci la nivel de laborator a fost desfăşurată multă muncă în condiţii experimentale dirijate care simulează pe cele existente în apărarea aeriană şi mai tîrziu, în sistemele de dirijare a traficului aerian.

Multe asemenea investigaţii de laborator cu privire la starea de veghe par să ajungă la concluzii bine definite şi demne de încredere, dar aplicarea lor în situaţii reale a dus deseori la rezultate nesemnificative. Factorii care se pretinde că opresc degradarea stării de veghe a operatorului includ o durată redusă a veghei continue, cunoaşterea rezultatelor (CR), magnitudine crescută a semnalului, drogurile, prezenţa unui observator, prezentare bisenzitivă a semnalelor, frecvenţa mărită a semnalelor (semnale artificiale), şi în anumite limite, o descreştere a complexităţii activităţii. Caracterul evident al unora din aceşti factori poate fi pus la îndoială şi în orice caz lista este icompletă. De exemplu, diferenţele privind starea de veghe la operatori individuali sînt astfel încît unii indivizi pot da dovadă de o diminuare unică sau nulă a randamentului. Aceste diferenţe par stabile şi ţin de variabile cum ar fi inteligenţă deosebită, un sentiment de realizare, temperamentul şi natura independentă a personalităţii operatorului. S-a studiat deseori rolul antrenamentului la îmbunătăţirea capacităţii operatorului de-a face discriminare între semnale cu caracteristici deosebite. Dintre numeroşii factori care influenţează randamentul stării de veghe al controlorilor de zbor, CR — cunoaşterea rezultatelor — poate furniza anumite explicaţii suplimentare.

În esenţă, experimentele de laborator în acest domeniu s-au preocupat de un sistem de retransmitere (feedback) a informaţiilor, prin care operatorul să fie informat dacă a interpretat corect sau nu prezenţa unui semnal, sau a scăpat vreunul, sau a dat o alarmă „falsă“, adică tratînd un non-semnal ca şi cînd ar fi fost un semnal. Ameliorarea care a rezultat, în condiţii oarecum artificiale, sugerează că CR are 2 efecte.

Mai întîi, construieşte în mintea operatorului un model, care, la momentul potrivit, întăreşte starea de aşteptare a sosirii semnalului. Prin urmare, printr-un proces de învăţare, caracteristicile aşteptate ale semnalelor pot fi stabilite şi rezultatul poate fi o intensificare a stării de veghe. Nu e greu de extrapolat acest lucru la diferitele tipuri de densităţi ale traficului, într-o situaţie de dirijare a traficului aerian cînd, la momentul oportun, supraveghetorii ar urma să fie foarte alertaţi pentru perioade scurte de timp, pentru a se ocupa de o intensificare aşteptată a mişcărilor aparatelor.

Al 2-lea efect al CR ţine de revenirea informaţiilor la operator.

Avînd o modalitate de determinare a calităţii propriului său randament printr-un sistem care încearcă să-l informeze cît de bine se descurcă, CR îi oferă un stimulent pentru a-şi atinge scopul faţă de un obiectiv măsurabil.

Într-adevăr, aceasta nu diferă de numeroasele scheme de „conducere prin obiective“, folosite în alte domenii industriale ale conducerii de către om. Se știe că asemenea scheme au dat rezultate în ce privește antrenarea personalului în afacerile firmei și crearea unui grad de satisfacție profesională obținută prin reducerea elementului subiectiv în măsurarea randamentului. Deși se știe că orice asemenea măsurători sînt greu de efectuat în domeniul dirijării traficului aerian sau al apărării aeriene — în mare parte din cauza lipsei de criterii economice în ce privește randamentul — e posibilă utilizarea calculatoarelor electronice pentru a verifica eșantioane de trafic în vederea stabilirii nivelului acelor performanțe ale operatorului care ar fi putut fi atinse și pentru a oferi un criteriu de ierarhizare a realizărilor reale.

Cînd CR se combină cu o pauză de odihnă, chiar de scurtă durată, se obține o mare îmbunătățire a randamentului stării de veghe chiar și în ce privește muncile de rutină. Caracterul pauzei este totuși, de o oarecare importanță iar ceea ce face individul în timpul perioadei de repaus este relevant. Dacă el observă pur și simplu alți oameni care fac aceeași muncă, profitul va fi probabil minim, chiar dacă el nu face nimic. Totuși experimentele indică faptul că dacă pauza este petrecută sub forma unui exercițiu ușor (o plimbare) sau a unei conversații, randamentul crește mult după aceea.

În fine, dacă operatorul nu face un repaus ci efectuează pentru un timp o altă muncă și apoi revine la prima ocupație, randamentul său în ocupația inițială se va îmbunătăți, o schimbare de acest fel fiind „la fel de bună ca un repaus".

Deși experimentele de laborator — inclusiv cele în care se folosesc droguri cum ar fi benzedrină, par să indice îmbunătățiri măsurabile ale capacității diferiților operatori de a deveni mai treji și de a manifesta o ameliorare a stării de veghe, — numeroase relatări indică mari variații între indivizi iar speranța fundamentării unei proceduri de selectare eficientă pare slabă. Temperamentul individului și modul său de abordare a muncii sînt de o semnificație de prim ordin. Într-un număr de studii recente, s-a descoperit că eficiența extravertiților cunoaște un declin într-un ritm mai rapid decît în cazul introvertiților, primii plictisindu-se mai repede de munca lor, în vreme ce ultimii par să accepte mai ușor munca monotonă. Ambele tipuri de temperament par să aibă nevoie de diferite nivele de stimulare și există indicii că extravertiții au nevoie de un nivel crescut de stimulare pentru a funcționa la același nivel ca introvertiții.

Într-o situație de dirijare a traficului aerian avînd de-a face cu un trafic intens, controlorii de zbor individuali nu-și controlează în mod direct gradul de exploatare a forței de muncă.

Aparatele de zbor continuă să sosească, și la un trafic de mare densitate, nivelul solicitării crește într-o anumită proporție pînă cînd în cele din urmă devine factorul limitator al sistemului pentru a dirija fără riscuri un aparat de zbor. Capacitatea unui sistem anumit fiind deci limitată de factorii umani, poate fi îmbunătățită prin aplicarea criteriilor de conducere asociate cu selectarea şi pregătirea indivizilor şi oferirea de condiţii de muncă într-un mediu optimizat.

Multe probleme umane ce apar în dirijarea traficului aerian sau în sisteme de supraveghere a solului apar şi în industrie şi există o intersectare substanţială între această problemă şi cea a psihologiei industriale. Cu toate acestea, unele concepte de seamă, reprezentative pentru psihologia conducerii (management) în industrie, cum ar fi conducerea (leadership) şi caracteristicile organizaţiilor sînt rareori aplicate la operarea sistemelor, mai ales pentru că modalitatea de măsurare a randamentului sistemului e mai dificilă şi nu e legată de un criteriu economic de producţie. Astfel, asemenea practici de conducere folosite în industrie, cum ar fi selectarea, pregătirea şi instruirea operatorilor, studierea efectelor automatizării progresive, prevenirea frustării şi oboselii, trebuie aplicate la funcţionarea sistemelor de supraveghere a solului pentru a reduce oboseala personalului şi a permite acestuia obţinerea de satisfacţii profesionale.

Este evident inutil să tratezi maşinile ca şi cînd ar fi oameni, totuşi privind omul ca pe o componentă a sistemului, el este deseori tratat de parcă ar fi o maşină. Dacă sistemul nu oferă satisfacţie celui care lucrează în cadrul său, în scurt timp se ajunge la plictiseală, nemulţumire şi ineficienţă. Cu timpul, atragerea şi păstrarea unui personal avînd temperamentul şi entuziasmul cerut vor deveni foarte dificile şi desigur costisitoare; deşi, după o perioadă prelungită, chiar salariile mai mari nu mai pot compensa lipsa satisfacţiilor profesionale.

Iluminatul ambiant

Tradiţional, operaţiunile radar sînt efectuate în încăperi semi-întunecoase, iluminate doar atît cît să se vadă ecranul fără a se distruge contrastul necesar.

Se acordă o grijă deosebită pentru a evita ca reflexiile de la ecranul afişajului să atingă ochiul operatorului. Atît în centrele operaţionale de dirijare a traficului aerian cît şi în cele de dirijare a apărării aeriene se utilizează sisteme de iluminat care încearcă să reducă strălucirea orbitoare şi oboseala operatorului menţinînd culoarea normală sau cea diurnă a obiectelor. Uneori se întrebuinţează filtre polarizate (90° defazaj) unul pe ecranul afişajului şi altul pe (sursa de — n.t.) lumină a încăperii şi acest aranjament previne strălucirea orbitoare cu condiţia de-a se avea grijă ca sursa de lumină să fie atent amplasată în raport cu fiecare operator (fig. 4.12). Iluminarea generală deasupra capului nu poate fi utilizată pentru că o asemenea lumină tinde să ajungă depolarizată la lovirea pereţilor, tavanului şi a altor obiecte din încăpere, reducînd astfel eficienţa filtrului de pe afişaj.

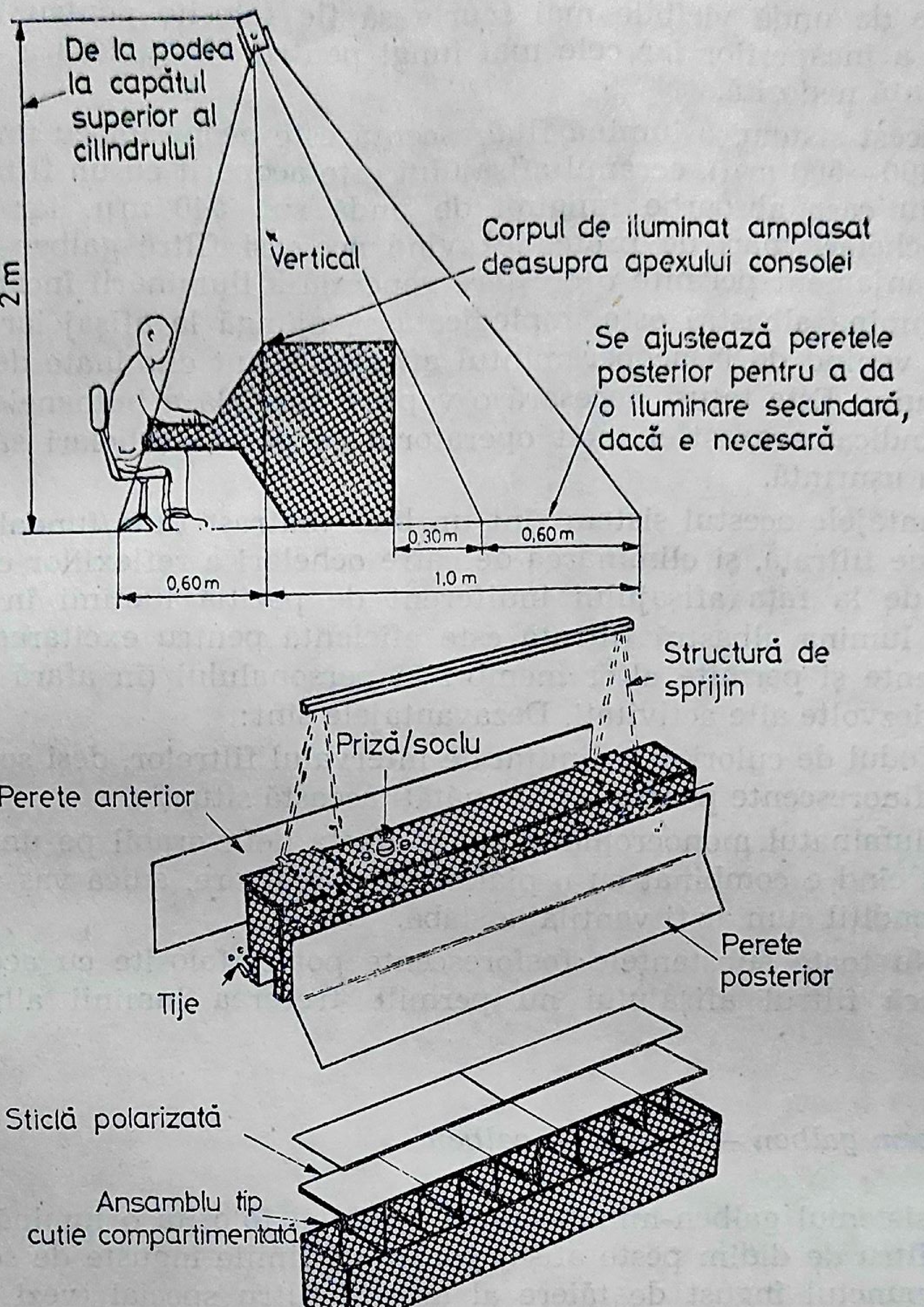

De la podea
la capătul
superior al
cilindrului
2 m
Vertical
Corpul de iluminat amplasat
deasupra apexului consolei
Se ajustează peretele
posterior pentru a da
o iluminare secundară,
dacă e necesară
0,30 m
0,60 m
0,60 m
1,0 m
Structură de
sprijin
Priză/soclu
Perete anterior
Perete
posterior
Tije
Sticlă polarizată
Ansamblu tip
cutie compartimentată

Fig. 4.12. Filtre polarizate și pozițiile luminilor.

Sistemul cu bandă albastră largă

Unul dintre cele mai obișnuite sisteme de iluminat folosite în încăperile în care au loc operațiunile de dirijare a traficului aerian sau a apărării aeriene este sistemul cu bandă albastră largă care permite ca

lungimile de undă vizibile mai scurte să fie folosite pentru iluminarea generală a încăperilor iar cele mai lungi pentru afişaj, fără a avea loc o interferenţă nedorită.

În acest sistem, o lumină fluorescentă este acoperită cu un filtru albastru (400—500 mμ), ecranul afişajului este acoperit cu un filtru galben-portocaliu care absoarbe lungimi de undă sub 540 mμ, iar operatorii poartă ochelari mari de protecţie avînd aceleaşi filtre galben-portocalii. Acest aranjament permite o creştere generală a iluminării încăperii, pentru că lumina albastră este împiedicată să ajungă la afişaj iar reflexiile regulate venind de la acoperămîntul afişajului sînt eliminate de ochelarii operatorului. Este totuşi necesară o vopsire specială a butoanelor şi marcajelor indicatoare astfel încît operatorul ce poartă ochelari să le poată vedea cu uşurinţă.

Avantajele acestui sistem sînt un bun contrast ţintă/fundal, o transmisie bine filtrată, şi eliminarea de către ochelari a reflexiilor ce resfrîng lumina de la faţa afişajului indiferent de poziţia luminii în încăpere. În plus, lumina albastră filtrată este eficientă pentru excitarea culorilor fluorescente şi permite altor membri ai personalului (în afară de operatori) să dezvolte alte activităţi. Dezavantajele sînt:

a. Codul de culori este limitat de intervalul filtrelor, deşi se pot folosi vopsele fluorescente pentru a îmbunătăţi această situaţie.

b. Iluminatul monocromatic poate afecta defavorabil pe unii oameni, mai ales cînd e combinat cu o platformă mişcătoare, adică vas sau avion, şi alte condiţii cum ar fi ventilaţia slabă.

c. Nu toate substanţele fosforescente pot fi folosite cu acest sistem pentru că filtrul afişajului nu permite trecerea luminii albastre sau verzi.

Sistem galben — minus — galben

În sistemul galben-minus-galben, poate fi folosită o lumină de sodiu cu un filtru de didim peste afişaj pentru că liniile înguste de sodiu — D cad în punctul îngust de tăiere al acestui filtru special (vezi fig. 4.13).

Această coincidenţă împiedică lumina de sodiu să atingă faţa afişajului permiţînd totuşi o transmisie suficientă. Ochelarii din didim pot fi purtaţi de operatori pentru a împiedica reflexiile venite de la afişaj să le atingă ochii.

Avantajele acestui sistem sînt: întregul personal se poate mişca în voie în încăpere, există un contrast bun al ţintei faţă de fundal, iar reflexiile regulate pot fi eliminate pentru toţi cei care poartă ochelari. Dezavantajele sînt lipsa culorii şi faptul că sînt necesari ochelarii. De asemenea, gama substanţelor fosforescente ce pot fi folosite este limitată.

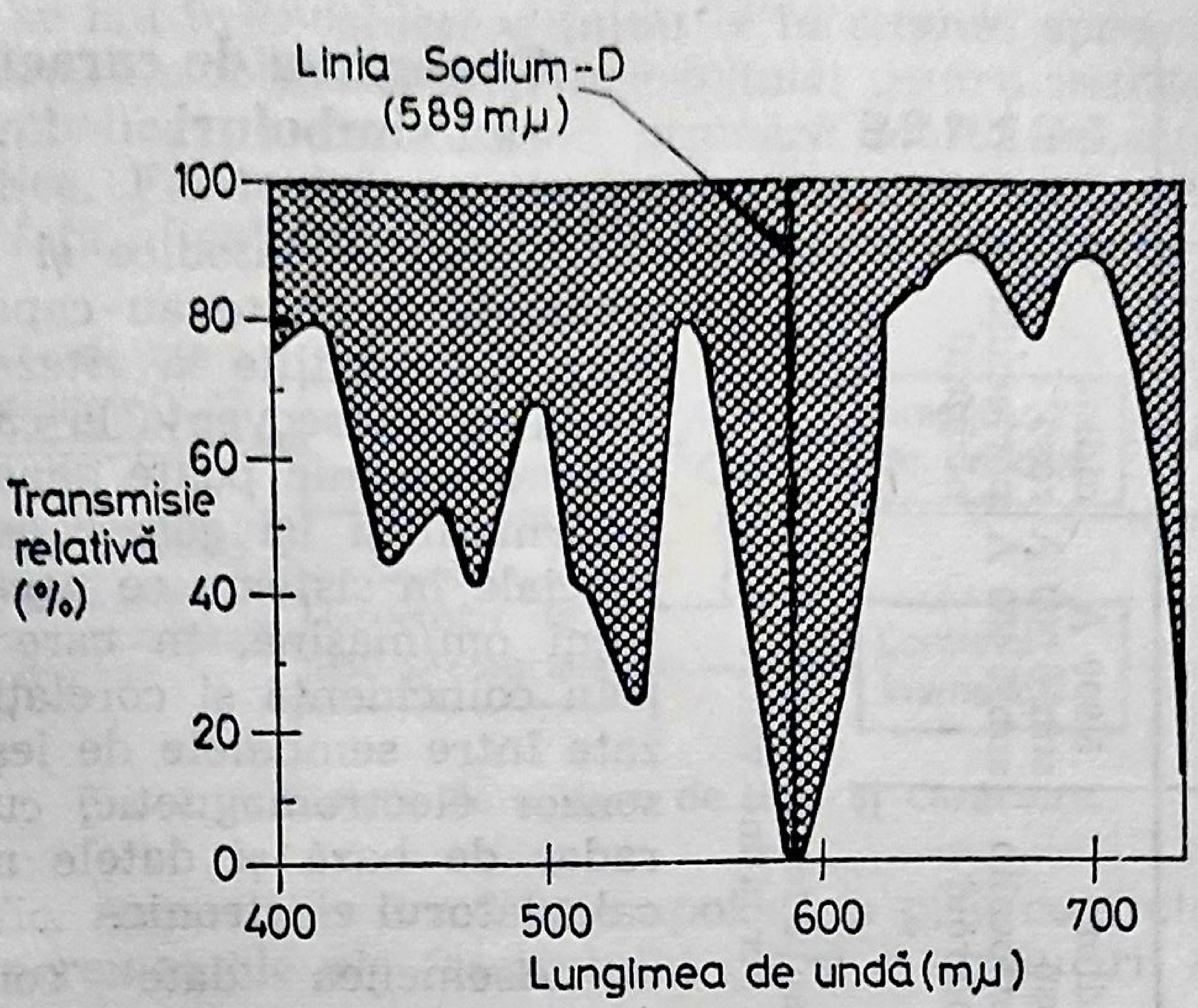


Fig. 4.13. Punctul de tăiere pentru filtrul special.

Sistemul mercur — minus roşu

În sistemul mercur-minus-roşu, se poate folosi o lampă cu vapori de mercur cu 2 filtre, unul (un filtru NOVIOL) pentru lumina din încăpere pentru a îndepărta ultravioletele iar celălalt, (plexiglass roşu 160) pentru afişaj, pentru a împiedica lungimile de undă mai scurte să ajungă la el. Operatorii pot purta ochelari roşii pentru a împiedica reflexiile venind de la afişaj să le ajungă la ochi. Avantajele acestui sistem, ca şi ale sistemului cu vapori de sodiu sînt că întregul personal poate circula prin încăpere, oferă un bun contrast ţintă/fundal iar reflexiile regulate pot fi eliminate pentru toţi cei care poartă ochelari. Cu acest sistem este posibilă o percepţie limitată a culorii. Dezavantajele sînt gama limitată de percepţie a culorii şi faptul că sînt necesari, şi în acest caz, ochelarii. În plus, ca şi la sistemele cu bandă albastră largă şi galben-minus-galben, pot fi folosite doar anumite substanţe fosforescente.

Tabela 4.3. indică diferite combinaţii de filtru şi surse de lumină şi dă indicaţii privind pierderea de transmisie de lumină a afişajului ce rezultă în urma folosirii filtrelor pe afişaj, cifrele fiind valabile pentru operatorii fără ochelari şi rezultînd o pierdere suplimentară prin folosirea unor asemenea ochelari.

Toate sistemele de iluminat anterioare tind să asigure un nivel de iluminare generală de cca 0,055 nt la nivelul duşumelei şi 0,137 nt la un ecran pe tub catodic inactiv. Precizia în determinarea nivelelor de lumină folosind instrumente standard de măsurare a luminii nu este în general mai bună de 5%.

Tabela 4.3

Comparaţie între sistemele de iluminat din încăperile radar

Sistemul	Sursa de lumină			Afişaj pe tub catodic		Operator	Pierdere din strălucire* %
	Tipul	Filtrul	Emisia	Filtrul	Absorbţia	Filtrul	
Galben — minus galben	Sodiu	niciunul	5 900 Å	didim	5 900 Å	didim	60
Mercur — minus roşu	Mercur	noviol	sub 5 900 Å	roşu	sub 6 000 Å	roşu	90
Albastru cu bandă largă	fluorescent	albastru	sub 5 400 Å	portocaliu	sub 5 400 Å	portocaliu	77
Polarizare transversală	incandescent sau fluorescent	polaroid		polaroid		niciunul	38 15 65

* Valoarea superioară este pentru substanţa fosforescentă P-7, cea inferioară pentru P-19, alte tipuri permiţînd valori diferite.

Generarea de caractere sau simboluri

Tuburile catodice şi circuitele de comandă aferente au capacitatea de a afişa informaţiile la viteze mari adaptîndu-se la frecvenţa la care un calculator electronic poate genera asemenea informaţii şi îşi găsesc astfel aplicaţii speciale în sisteme ce necesită instrucţiuni om/maşină, în care poziţionarea prin coincidenţă şi corelaţie sînt realizate între semnalele de ieşire ale unui senzor electromagnetic, cum ar fi un radar de bază şi datele memorate de calculatorul electronic.

Asemenea date comprehensive, care apar la suprafaţa afişajului, pot fi reprezentate sub formă de simboluri, litere şi numere (simboluri alfanumerice) cît şi linii şi curbe, reprezentînd, de exemplu, hărţi geografice de contur avînd suprapuse coridoarele de zbor pentru traficul aerian. Cantitatea de date ce poate fi reprezentată este în funcţie de „viteza" întregului sistem dar aceasta are o legătură redusă cu informaţiile utile care trebuie prezentate unui operator. Acest din urmă subiect duce la studii privind care anume informaţii trebuie prezentate permanent, ce trebuie să fie disponibil la cerere, şi ce trebuie reactualizat automat pentru a ajuta memoria operatorului sau pentru a-i atrage atenţia. De exemplu, într-un mediu de dirijare a traficului aerian, informaţiile sînt afişate într-un mod care impune supraveghetorului o serie de sarcini de căutare şi îi cere să colaţioneze informaţii de la o serie de surse diferite. Preocupările actuale în acest domeniu tind totuşi în mare parte spre reducerea sarcinii sale, prezentîndu-i date gata colaţionate şi prelucrate.

Dacă nu se iau în considerare tuburile în scopuri speciale şi tuburile catodice cu fascicule formate, diferitele tehnici pentru realizarea unei reprezentări simbolice pe tub catodic urmează foarte îndeaproape tipare tehnice identice. Fasciculul de electroni este mai întîi deviat spre un punct de pe faţa afişajului unde este destinat scrierii unui caracter sau simbol specific. Acesta din urmă este apoi scris prin controlarea devierilor X şi Y incrementale ale fasciculului cît şi a strălucirii sale, totul în funcţie de timp.

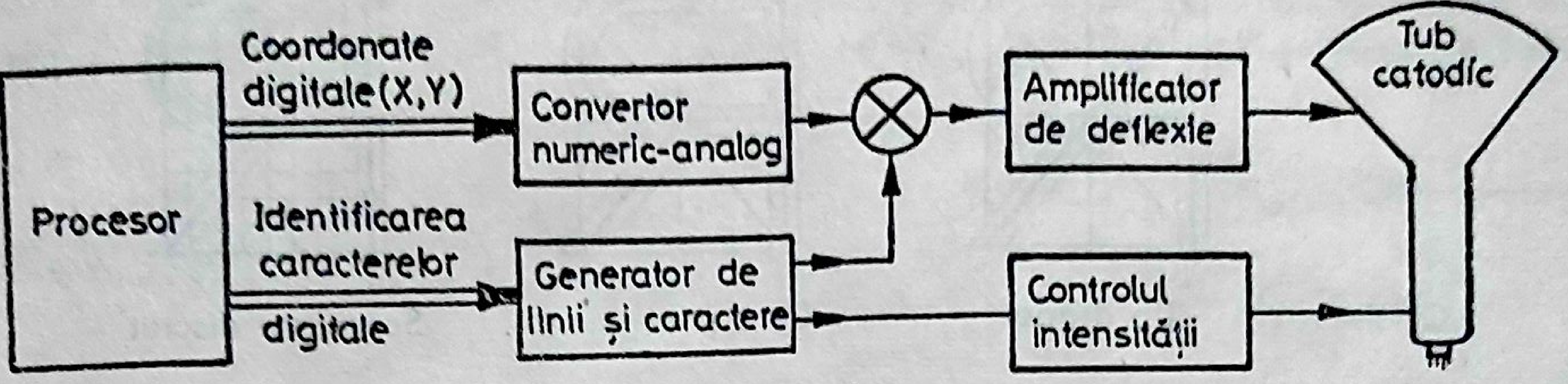


Fig. 4.14. Sistem de scriere de linii şi caractere.

Tehnicile de scriere a simbolurilor diferă mai ales prin metodele alese pentru a dirija aceste mişcări ale fasciculelor şi perioadele de strălucire. Fig. 4.14 arată un procesor tipic de date alimentînd un tub catodic prin intermediul unui convertor numeric analog în paralel cu un generator de caractere. Procesorul de date sau calculatorul electronic furnizează semnale numerice care identifică nu numai simbolul ce trebuie scris ci şi coordonatele sale pe ecranul afişajului. Semnalele numerice sînt transformate în tensiuni de deflexie analogice şi acestea sînt aplicate canalului de deflexie al unităţii de vizualizare. Generatorul de caractere transformă datele de identificare numerice într-o combinaţie de tensiuni de deflexie analogică şi de strălucire, care sînt aplicate unităţii de afişare după ce fasciculul de electroni se află în poziţia iniţială. În mod firesc, generatorul de caractere necesită semnale de intrare pentru sincronizare şi comandă. Tehnicile de generare a caracterelor sînt de obicei clasificate după metoda folosită pentru a forma caracterele şi astfel se împart după 2 denumiri generice, anume după cursivitate, şi după strălucirea fasciculului, deşi primele folosesc şi tehnicile de redare a strălucirii. Fig. 4.15 arată 6 feluri de a scrie litera R folosind diferite metode. Caractronul este un tub catodic special exclus din acest studiu.

Pentru a ilustra această tehnică este descrisă una din metodele consacrate de producere a caracterelor, anume metoda tiparului de liniuţe. Fig. 4.16 ilustrează un circuit de bază de generare a tiparului de liniuţe şi devierile pertinente X şi Y trasate în funcţie de timp. Caracterele sau simbolurile sînt compuse dintr-o serie de linii scurte potrivite pentru a forma, de exemplu literele alfabetului, liniile fiind generate pe ecran prin mişcări dirijate ale fasciculului de electroni. Un impuls de sincronizare de obicei de 0,5 μs, este generat pentru fiecare liniuţă.

Caracterele se pot forma printr-o combinaţie de mişcări verticale, orizontale şi diagonale ale fasciculului, folosind comanda strălucirii sau intensităţii fasciculului pentru a reliefa părţile obligatorii ale simbolului. De obicei, caracterele sînt formate în cadrul unui dreptunghi ale cărui dimensiuni sînt determinate de înălţimea şi lăţimea literelor sau numerelor ce trebuie afişate. Stilul de scriere a literelor şi numerelor în vederea unei maxime clarităţi şi facilităţi de asimilare este discutat mai tîrziu în acest capitol.

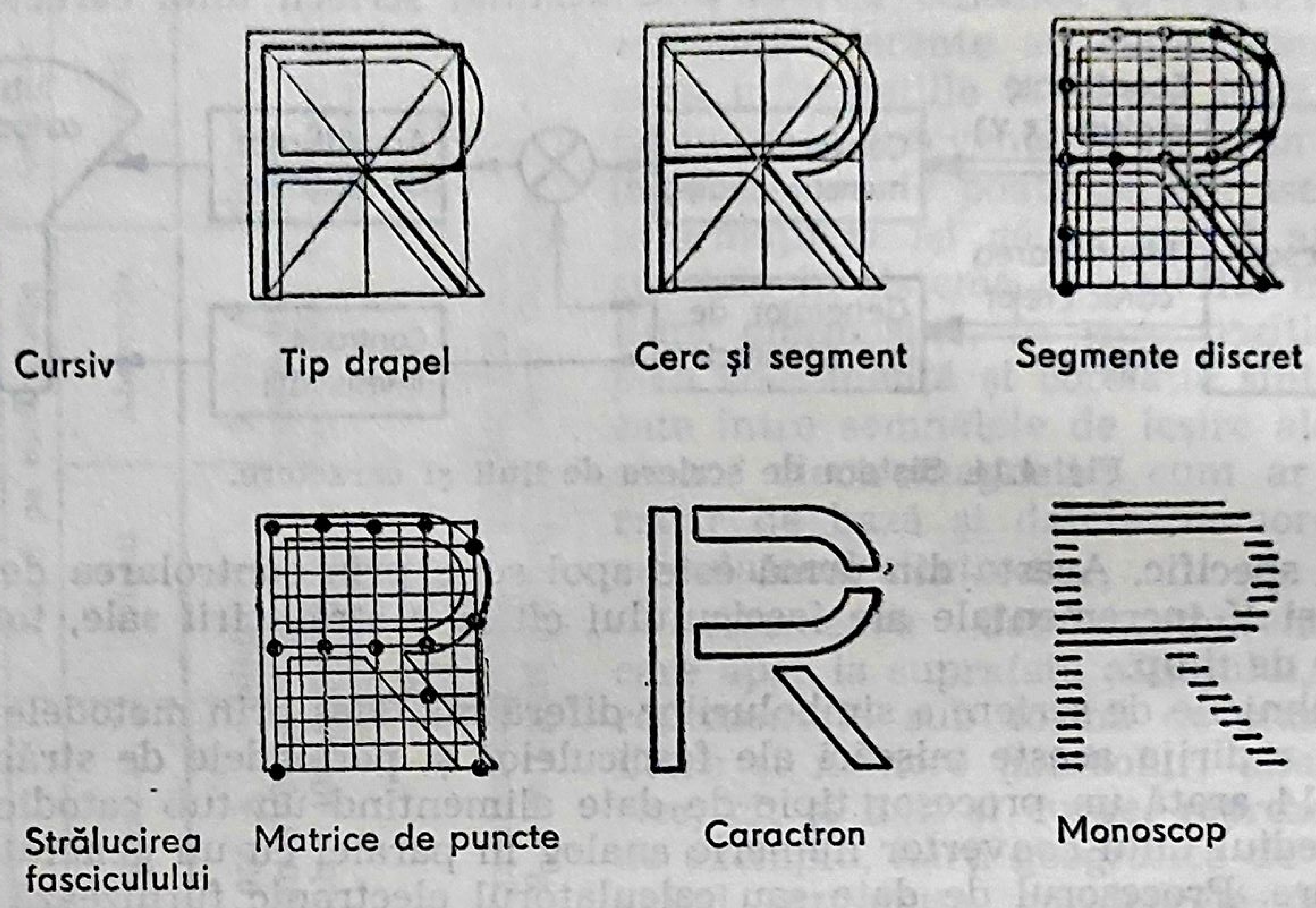
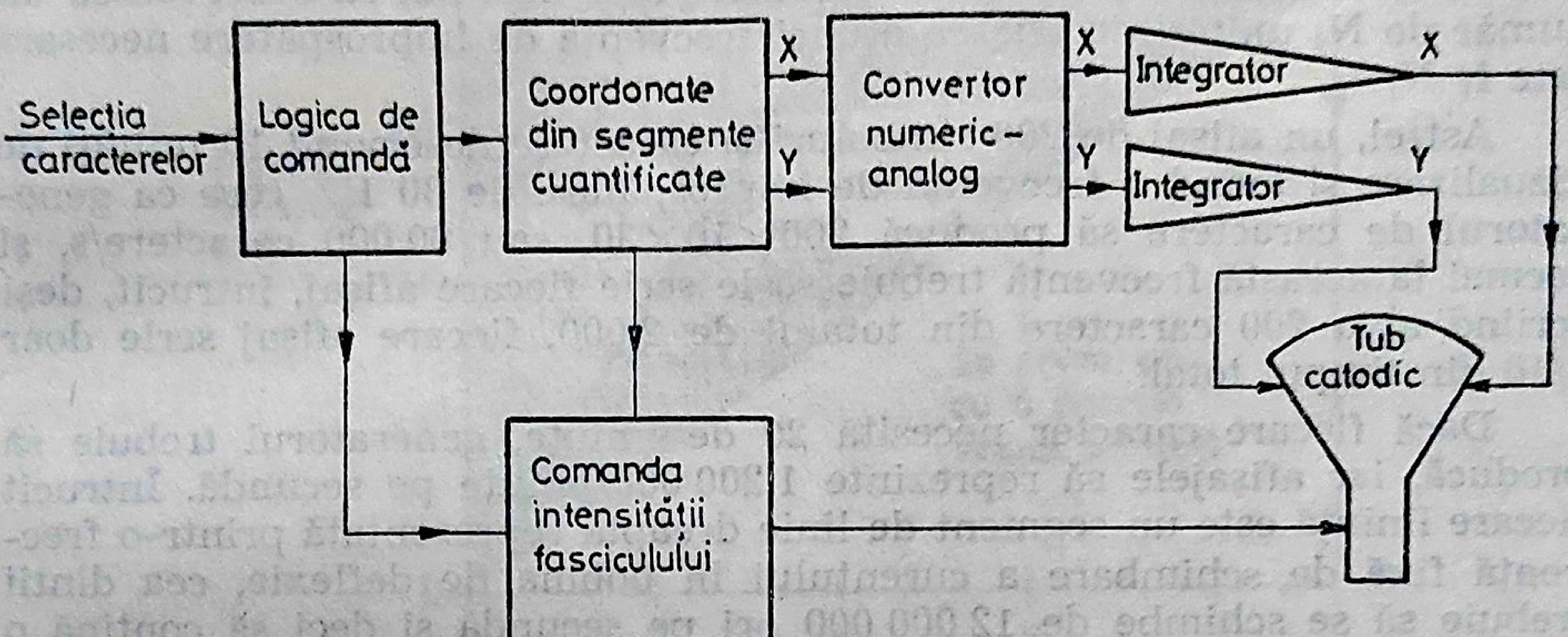


Fig. 4.15. Şase moduri de scriere a unei litere.

Caracterele pot fi generate fie prin producerea unui număr minim de liniuţe comandînd apoi strălucirea, fie prin generarea unui număr mai mare de secvenţe de liniuţe, intensificîndu-le doar pe cele necesare pentru generarea caracterului sau simbolului. De obicei, sînt adresate doar liniuţele necesare ale unui caracter, comanda intensităţii sau strălucirii rămînînd cuplată în afară de cazul cînd e necesară o retrasare a unor liniuţe.

Logica de comandă poate fi activată de un cod de selectare a caracterelor iar secvenţa asociată şi prestabilită a coordonatelor liniuţelor se poate extrage dintr-o memorie numerică. Aceste memorii pot fi fie registre permanent cablate „găzduind“ de fapt secvenţa de liniuţe, fie activate prin instrucţiunile programului unui procesor cuplat la memorie.

Tehnica de bază folosită pentru generarea semnalelor trebuie estimată în raport cu calitatea cerută a afişării şi ar trebui să ţină seama de limitele inerente de funcţionare ale echipamentului de acţionare a afişajului. Calitatea caracterelor depinde în mod firesc de numărul de puncte şi liniuţe folosite pentru a le stabili forma. Creşterea numărului elementelor caracterului necesită totuşi o descreştere a vitezei de scriere sau o creştere a frecvenţei de sincronizare a impulsurilor şi a lăţimii de bandă a deflexiei. Astfel, trebuie să se realizeze un compromis între frecvenţa de scriere a caracterelor, numărul elementelor caracterului necesare stabilirii clarităţii şi lăţimea de bandă a amplificatoarelor de deflexie a fasci-


Selecţia caracterelor
Logica de comandă
Coordonate din segmente cuantificate
X
Y
Convertor numeric-analog
X
Y
Integrator
Integrator
X
Y
Tub catodic
Comanda intensităţii fasciculului

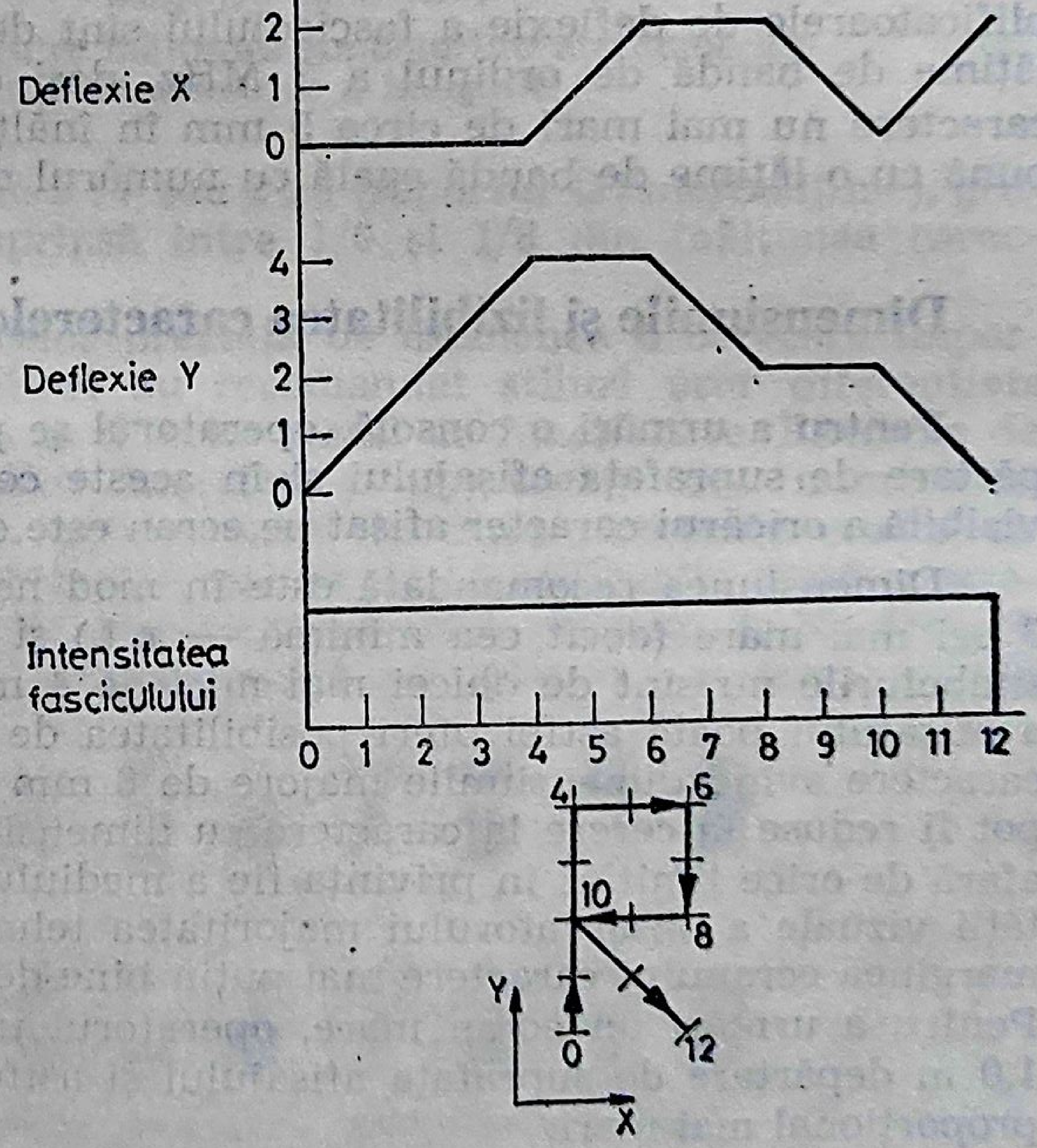


Fig. 4.16. Generarea caracterelor (liniuţe), folosind memoria numerică.

calului. Următoarea analiză simplă este convingătoare. Fie N_1 numărul simbolurilor sau caracterelor ce trebuie afişate simultan pe ecran şi fie fr frecvenţa de împrospătare considerată necesară adaptării la substanţa fosforescentă aleasă a tubului catodic pentru a obţine o reprezentare strălucitoare şi fără pîlpîiri. Frecvenţa de scriere a caracterelor este deci egală, pentru o unitate de afişare cu N_1fr. (În mod obişnuit, afişarea unui text scris poate cuprinde pînă la 1 000 caractere, ce necesită o împrospătare la 30 Hz). Dacă un generator de caractere este destinat să deservească un număr de N_2 unităţi de afişare atunci frecvenţa de împrospătare necesară este fr N_1N_2.

Astfel, un afişaj de 200 simboluri şi caractere deservind 10 unităţi de vizualizare şi avînd o frecvenţă de împrospătare de 30 Hz, cere ca generatorul de caractere să producă 200×10×30, sau 60 000 caractere/s, şi tocmai la această frecvenţă trebuie să le scrie fiecare afişaj, întrucît, deşi scriind abia 200 caractere din totalul de 2 000, fiecare afişaj scrie doar 1/10 din timpul total.

Dacă fiecare caracter necesită 20 de liniuţe, generatorul trebuie să producă, iar afişajele să reprezinte 1 200 000/liniuţe pe secundă. Întrucît fiecare liniuţă este un segment de linie dreaptă reprezentată printr-o frecvenţă fixă de schimbare a curentului în bobina de deflexie, cea dintîi trebuie să se schimbe de 12 000 000 ori pe secundă şi deci să conţină o frecvenţă fundamentală de 1,2 MHz cît şi frecvenţe armonice. Astfel amplificatoarele de deflexie a fascicolului sînt de obicei proiectate pentru o lăţime de bandă de ordinul a 3 MHz, deşi experienţa arată că pentru caractere nu mai mari de circa 5 mm în înălţime, se obţine o lizibilitate bună cu o lăţime de bandă egală cu numărul de liniuţe pe secundă.

Dimensiunile şi lizibilitatea caracterelor

Pentru a urmări o consolă, operatorul se presupune a fi la 0,5 m depărtare de suprafaţa afişajului şi în aceste condiţii dimensiunea minimă vizibilă a oricărui caracter afişat pe ecran este de 1,25 mm.

Dimensiunea recomandată este în mod normal apreciată a fi de cca 3 ori mai mare (decît cea minimă — n.t.) şi prin urmare caracterele şi simbolurile nu sînt de obicei mai mici de 4 mm. Un sistem de comandă a afişajului poate astfel oferi posibilitatea de alegere a două mărimi de caractere avînd dimensiunile majore de 6 mm sau 5 mm în înălţime care pot fi reduse la cerere la caractere cu dimensiuni de 3 mm şi 2,5 mm. În afară de orice limitări în privinţa fie a mediului de funcţionare fie a acuităţii vizuale a observatorului majoritatea tehnicilor de afişare produc la marginea ecranului caractere mai puţin bine definite decît cele din centru. Pentru a urmări un ecran mare, operatorul trebuie să fie la circa 0,6—1,0 m depărtare de suprafaţa afişajului şi astfel caracterele sînt generate proporţional mai mari.

Fig. 4.17 dă anumite indicaţii asupra înălţimii necesare pentru simbolurile alfanumerice în funcţie de distanţa de citire în metri.

Alţi factori, în afară de dimensiuni, care determină lizibilitatea sînt formatul imaginii şi grosimea elementelor. Astfel, pentru litere se preferă un format al imaginii de 5 : 7 sau 2 : 3 (raportul lăţime/înălţime), grosimea elementelor fiind cuprinsă între 1/6 şi 1/8 din înălţimea caracterelor.

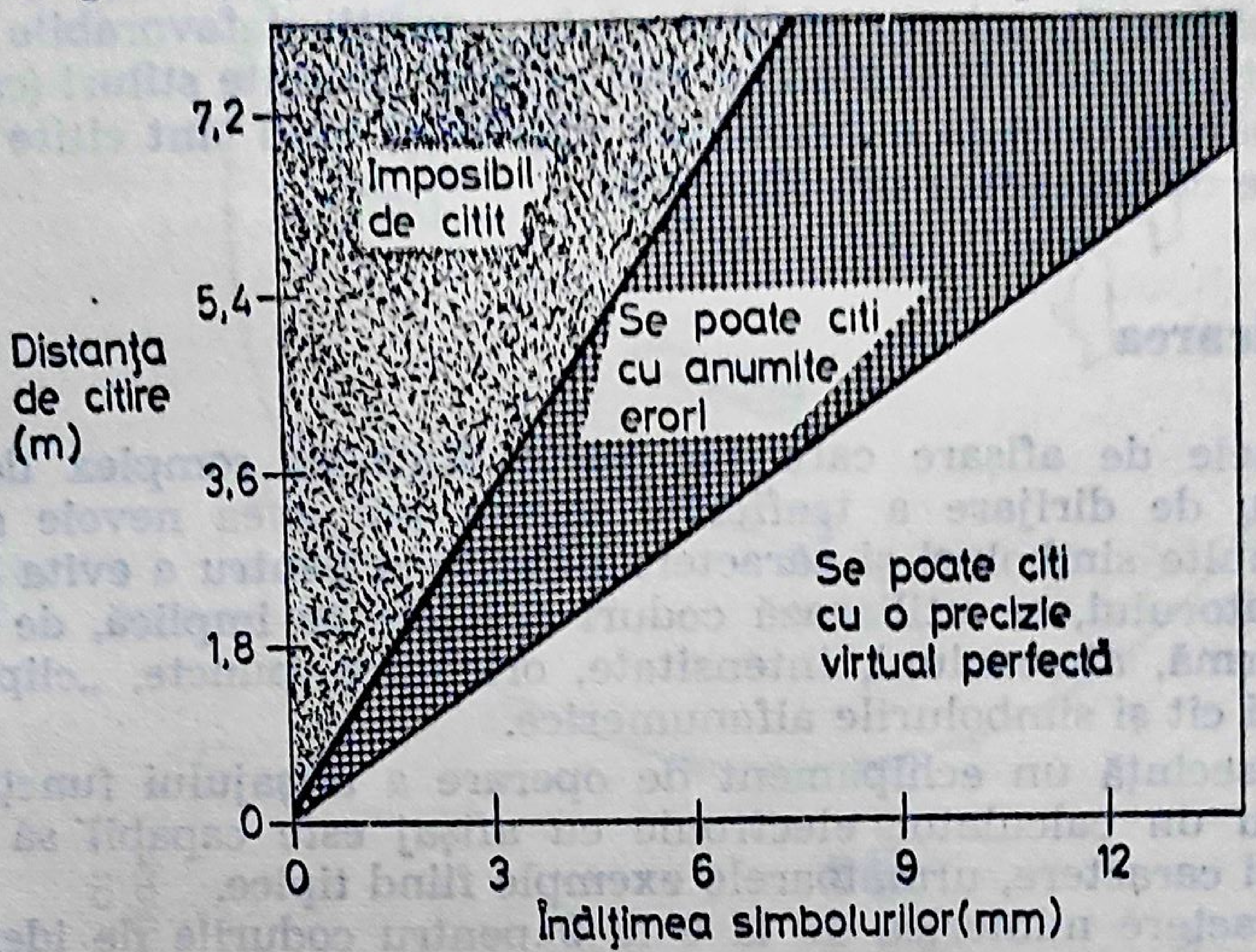


Fig. 4.17. Relaţiile dintre înălţimea simbolurilor alfanumerice şi distanţa de urmărire a imaginii.

Stilul de scriere a literelor prezintă de asemenea o oarecare importanţă şi o serie de cercetători au recomandat stiluri uşor diferenţiate pentru o lizibilitate maximă în diferite medii de funcţionare. Exemple de variante minore ale formelor literelor şi numerelor sînt numeroase. Fig. 4.18 arată 2 exemple, prima serie ilustrînd numerale create de Lansdell, care deşi sînt neobişnuite, par rapid identificabile după o oarecare practică. Seria de mai jos, mai convenţională, propusă de Mackworth este frecvent utilizată deşi experimental s-a găsit că numeralele lui

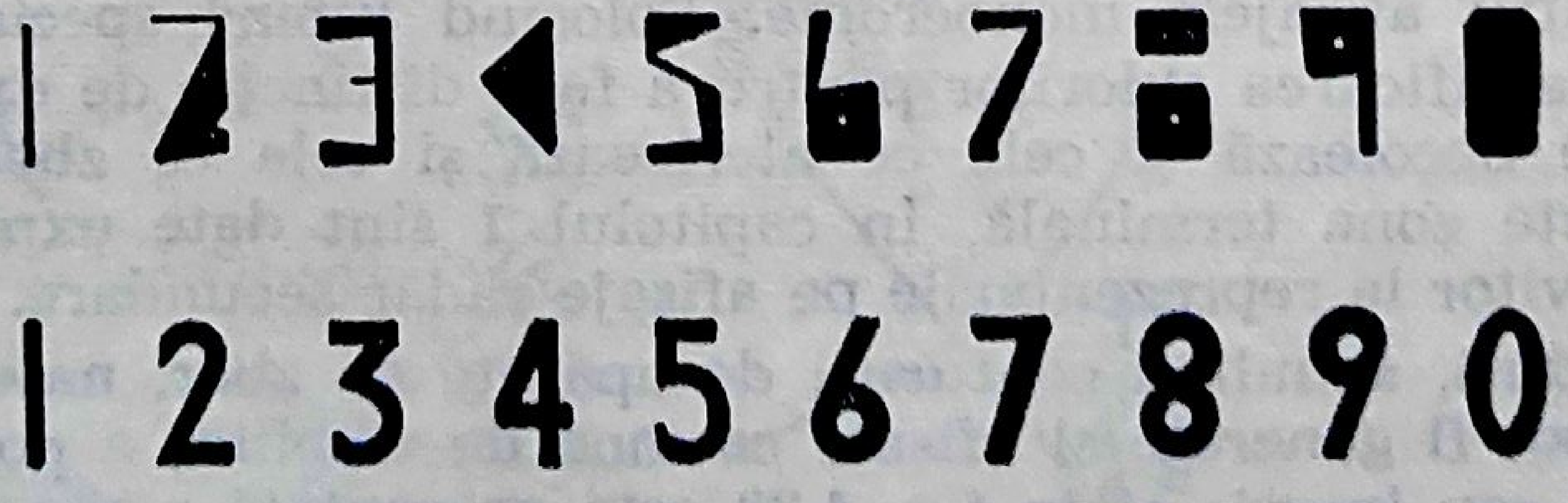


Fig. 4.18. Două seturi de numere propuse de Lansdell şi Mackworth.

Lansdell oferă o lizibilitate semnificativ mai bună pentru diferite unghiuri de privire a afişajului.

Trebuie reamintit că majoritatea stilurilor de scriere a literelor şi de desenare a numerelor pot fi cu uşurinţă interpretate în împrejurări „normale" de citire. Totuşi s-a stabilit că în condiţii defavorabile de urmărire, cînd atît timpul cît şi precizia sînt critice, anumite stiluri (ca cel al lui Lansdell) par să ducă la o lizibilitate mai bună cînd sînt citite de operatori în stare de încordare sau oboseală.

Codificarea

Sistemele de afişare care fac parte dintr-un complex de apărare aeriană sau de dirijare a traficului aerian pot avea nevoie să afişeze simultan multe simboluri şi caractere diferite şi pentru a evita deconcertarea operatorului, se utilizează coduri speciale ce implică, de exemplu, culoare, formă, dimensiuni, intensitate, orientare, puncte, „clipiri", lungimea liniei cît şi simbolurile alfanumerice.

În consecinţă un echipament de operare a afişajului funcţionînd în asociaţie cu un calculator electronic cu afişaj este capabil să genereze simboluri şi caractere, următoarele exemple fiind tipice.

(a) caractere numerice de la 0 la 9 pentru codurile de identitate şi indicarea altitudinii;

(b) o cruce pe diagonală (×) pentru a indica poziţia unei ţinte selectate;

(c) o cruce mică (+) pentru a indica poziţii pe ţinte neselectate;

(d) un romb mic (◊) pentru a indica poziţiile urmei aparatelor de zbor;

(e) un cerc (○) care clipeşte cu o frecvenţă de 2 Hz pentru a desemna o situaţie specială.

Aceste simboluri pot fi diversificate ca dimensiuni şi intensitate şi, împreună cu simbolurile numerice sînt folosite de obicei în sistemele radar secundare pentru a stabili identitatea aparatului de zbor, înălţimea, şi pentru a le identifica pe cele ce necesită atenţie de urgenţă din partea personalului de dirijare de la sol.

Fig. 4.19 ilustrează marea varietate de reprezentare a simbolurilor posibile pentru afişajele monocrome. Folosind tuburi speciale se poate adăuga şi identificarea culorilor pentru a face distincţie de exemplu între aparatele ce decolează şi cele ce aterizează şi cele ce zboară la mare înălţime peste zona terminală. În capitolul 1 sînt date explicaţii suplimentare privitor la reprezentările pe afişaje radar secundare.

Alte coduri, simulînd contururi de aparate de zbor, nave, rachete şi elicoptere, pot fi generate şi afişate ca mod de stabilire a poziţiei tactice a unui aliat sau inamic şi în fig. 4.20 este prezentată o pagină tipică cu aceste simboluri.

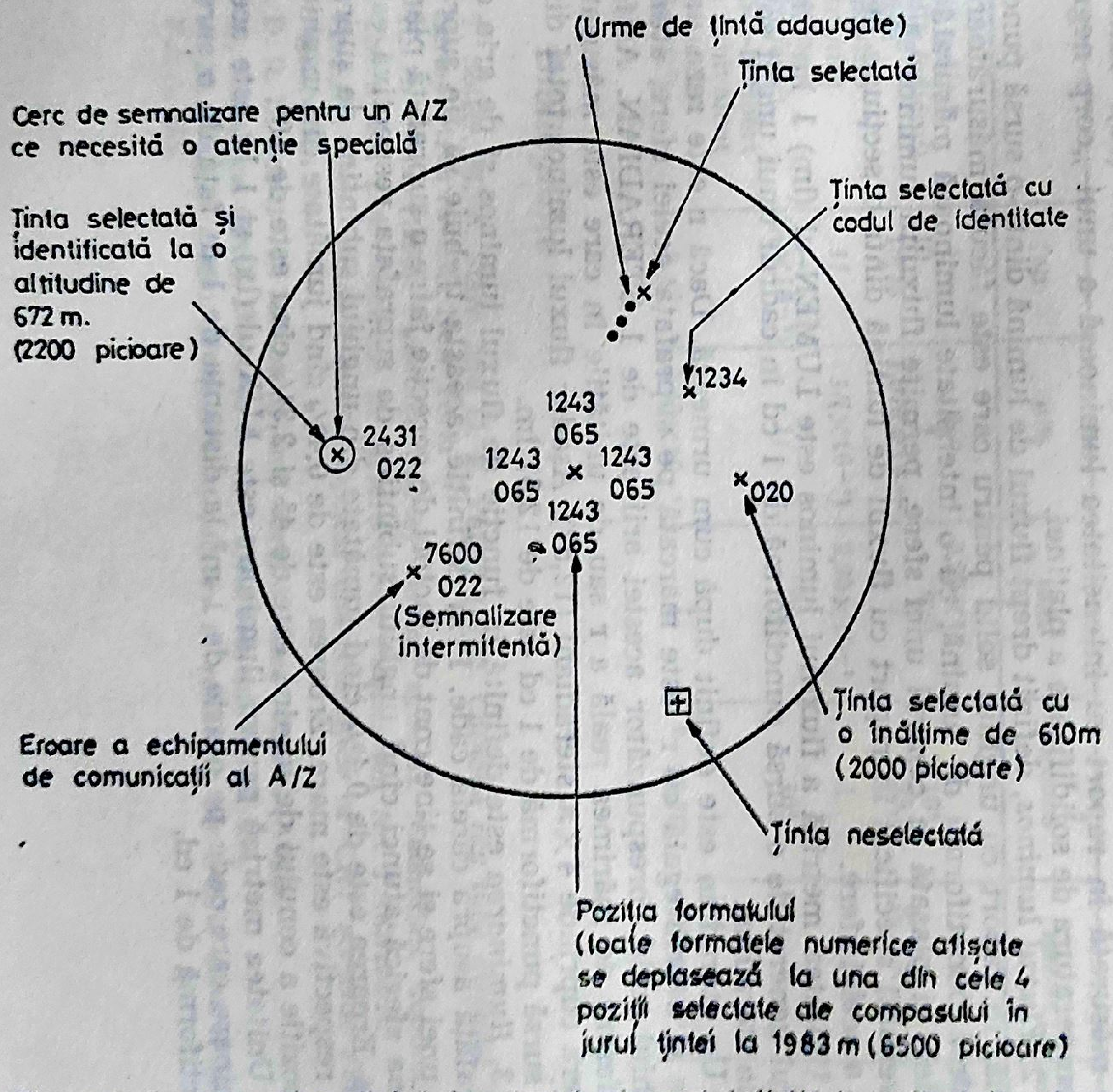

(Urme de ţintă adaugate)
Ţinta selectată
Cerc de semnalizare pentru un A/Z ce necesită o atenţie specială
Ţinta selectată cu codul de identitate
Ţinta selectată şi identificată la o altitudine de 672 m. (2200 picioare)
1234
2431
022
1243
065
1243
065
1243
065
1243
065
020
7600
022
(Semnalizare intermitentă)
Ţinta selectată cu o înălţime de 610m (2000 picioare)
Eroare a echipamentului de comunicaţii al A/Z
Ţinta neselectată
Poziţia formatului (toate formatele numerice afişate se deplasează la una din cele 4 poziţii selectate ale compasului în jurul ţintei la 1983 m (6500 picioare)

Fig. 4.19. O reprezentare tipică de afişaj în domeniul dirijării traficului aerian.

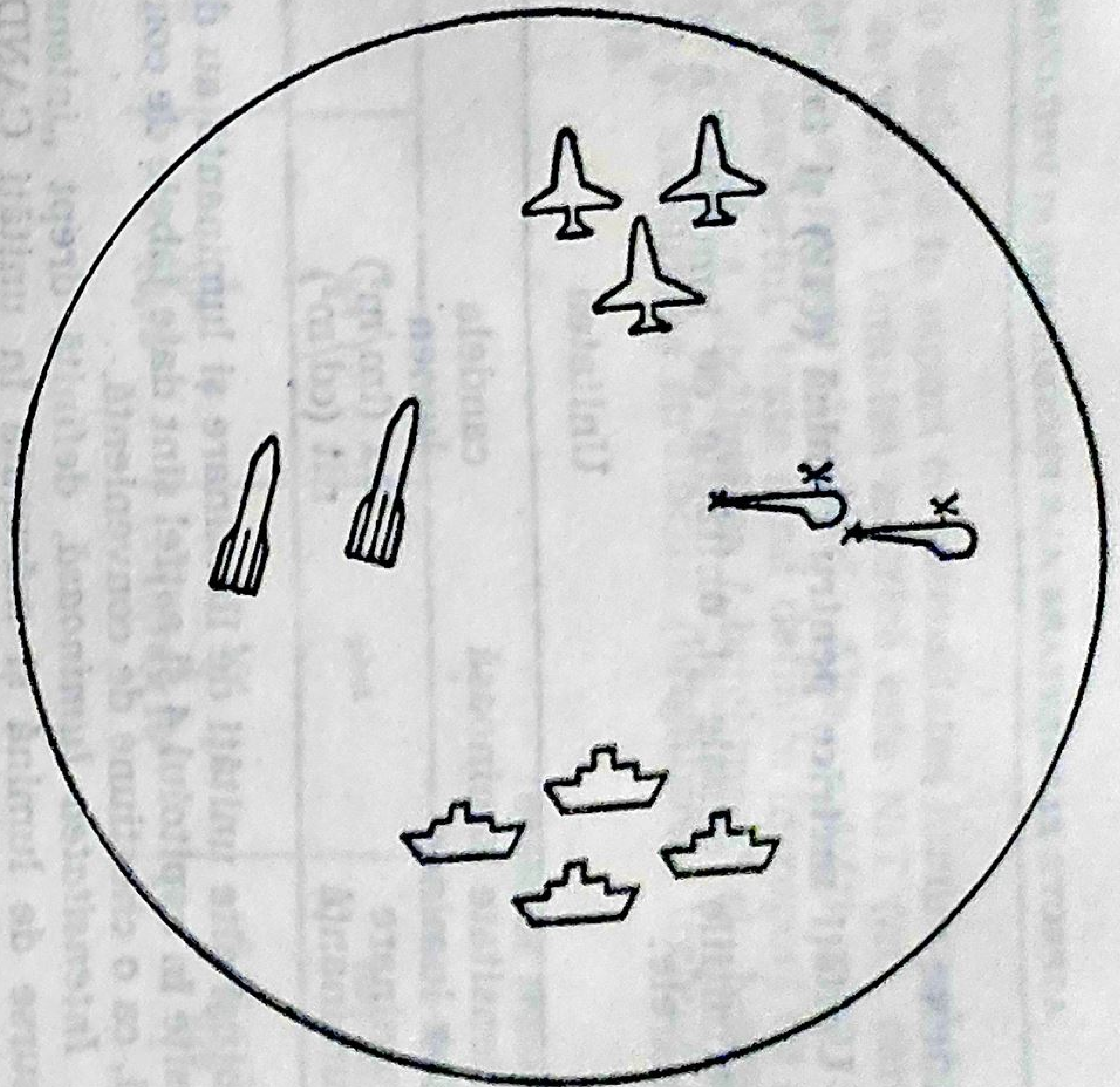


Fig. 4.20. Semnale pe afişaj pentru simularea ţintelor.

Anexa

Unităţi metrice pentru lumină (CIE) şi tabele de conversie

Definiţiile uzuale şi unităţile de lumină din sistemul metric sînt următoarele:

	Unitatea	Abrevierea
Intensitate luminoasă	candela	cd
Flux luminos	lumen	lm
Iluminare	lux (lm/m^2)	lx
Luminanţă	nit (cd/m^2)	nt

Totuşi alte unităţi de iluminare şi luminanţă au devenit bine stabilite şi folosite în capitolul 4 şi astfel sînt date tabele de conversie pentru aceste unităţi, ca o chestiune de convenienţă.

1. *Intensitatea luminoasă,* definită drept „intensitate în candele, a unei surse de lumină şi măsurată în unităţi CANDELA (cd). Candela este măsurată în raport cu intensitatea luminoasă a unui „corp negru“ la temperatura de solidificare a platinei.

2. *Fluxul luminos,* definit drept fluxul de lumină dintr-o sursă punctiformă, în raport cu unghiul solid pentru care este făcută măsurătoarea. O sursă punctiformă de lumină, cu o intensitate luminoasă măsurată în candele şi plasată la centrul unei sfere, permite fluxului luminos să fie convenabil specificat în raport cu fluxul de lumină dintr-o secţiune definită a acelei sfere.

Unitatea metrică a fluxului luminos este LUMEN-ul (lm) 1 lm fiind fluxul generat de o sursă punctiformă de 1 cd în cadrul unui unghi solid de un steradian.

Un steradian este definit după cum urmează. Dacă r este raza unei sfere şi o arie egală cu r^2 este marcată pe suprafaţa acelei sfere, atunci unghiul solid corespunzător acestei arii este de 1 STERADIAN. Astfel, indiferent de mărimea reală a r sau de unităţile în care este măsurată, o sferă cuprinde $4 \times \pi$ steradiani (12,57). Aşadar fluxul luminos total dintr-o sursă punctiformă de 1 cd este de 12,57 lm.

3. *Iluminarea* este definită în funcţie de fluxul luminos şi de aria de suprafaţă asupra căreia cade. Prin definiţie, aceasta trebuie să fie suprafaţa unei sfere şi se ţine cont de factori de corecţie între o suprafaţă plană şi una sferică atunci cînd unghiul subîntins de suprafaţa respectivă este mare. Eroarea este de 0,4% cînd jumătate din unghiul subîntins de suprafaţa respectivă este mare. Eroarea este de 0,4% cînd jumătate din unghiul de poziţie a conului de lumină este de 4° şi 2,3% cînd este de 10°.

Unitatea metrică pentru iluminare este LUX-ul (lx) şi 1 lx este acea iluminare care cade pe o arie de 1 m^2 la distanţa de 1 m faţă de o sursă punctiformă de 1 cd.

4. *Luminanța* este definită în raport cu intensitatea luminoasă (în candele) per unitate de suprafață. Unitatea metrică este NIT (nt), care este luminanța corespunzătoare pentru 1 cd/m^2. Alte unități sînt stilbul (1 cd/cm^2), apostilbul și lambertul, toate fiind definite în raport cu fluxul luminos per unitate de suprafață. Strălucirea („brightness“ și „brilliance“) sînt noțiuni subiective și măsurarea strălucirii (brightness) trebuie făcută în funcție de luminanță.

Tabele de transformări

a. *Iluminarea*

	lux	phot	foot-candle
1 lux (lm/m^2) =	1	10^4	$9{,}29\times10^{-2}$
1 phot (lm/cm^2) =	10^4	1	929
1 foot-candle (lm/ft^2) =	10,76	$10{,}76\times10^4$	1

b. *Luminanța*

	nit	stilb	cd/ft^2	apostilb	lambert	foot-lambert
1 nit (cd/m^2)	1	10^4	$9{,}29\times10^{-2}$		$\times10^4$	0,292
1 stilb (cd/cm^2)	10	1	929	$\times10^4$		2920
1 cd/ft	10,76	$1{,}076\times10^{-3}$	1	33,8	$33{,}8\times10^{-3}$	
1 apostilb (lm/m^2)	1/	$1/(\times10^{-4})$	$2{,}96\times10^{-2}$	1	10^{-4}	
1 lambert (lm/cm^2)	$1/(\times10^{-4})$	1/	296	10^4	1	929
1 foot-lambert sau echivalent foot-candle (lm/ft^2)	3,43	$3{,}43\times10^{-4}$	1/	10,76	$1{,}076\times10^{-3}$	1

Bibliografie

1. T. Soller, M. A. Starr, and G. E. Valley (1948). *Cathode ray tube displays.* MIT Series. McGraw-Hill, New York.
2. H. H. Poole (1966). *Fundamentals of display systems.* Macmillan, London.
3. Thorn-AEI Ltd. Electrons in picture tubes. *Publication No. TAEI/102/A.*
4. Electron Tube Council (1966). Optical characteristics of CRT screens. *JEDEC Publication 16A.*
5. D. R. Davies (1970). Monotony and work. *Science Journal* (Aug.).
6. W. F. Ashton (1969). *Displays in air traffic control.* R.R.E. UK.
7. A. M. Waldin (1969). *Management factors in reducing air traffic control stress.* F.A.A. US.

8. V. D. Hopkin (1969). *Human factors in air traffic control.* RAF Institute of Aviation Medicine, RAF Farnborough, UK.

9. H. R. Luxenberg and R. H. Kuehn (eds.) (1968). *Display systems engineering.* McGraw-Hill, London.

10. Units and standard measurement employed at the National Physical Laboratory: Part II, Light (Photometry, Colorimetry, and Radiometry). HMSO 1952.

11. J. S. Preston (1961). Photometric standards and the unit of light (Notes on Applied Science No. 24). HMSO.

12. J. W. T. Walsh *et al* (1961). Units and standards of light maintained at the National Physical Laboratory, 1915—1960. Proc. IEE, 103, Part A, No. 39 173-181.

5

PARAMETRI DE PROIECTARE MECANICĂ AI DISPOZITIVELOR DE AFIŞARE PE TUB CATODIC

C. J. Richards

Generalităţi

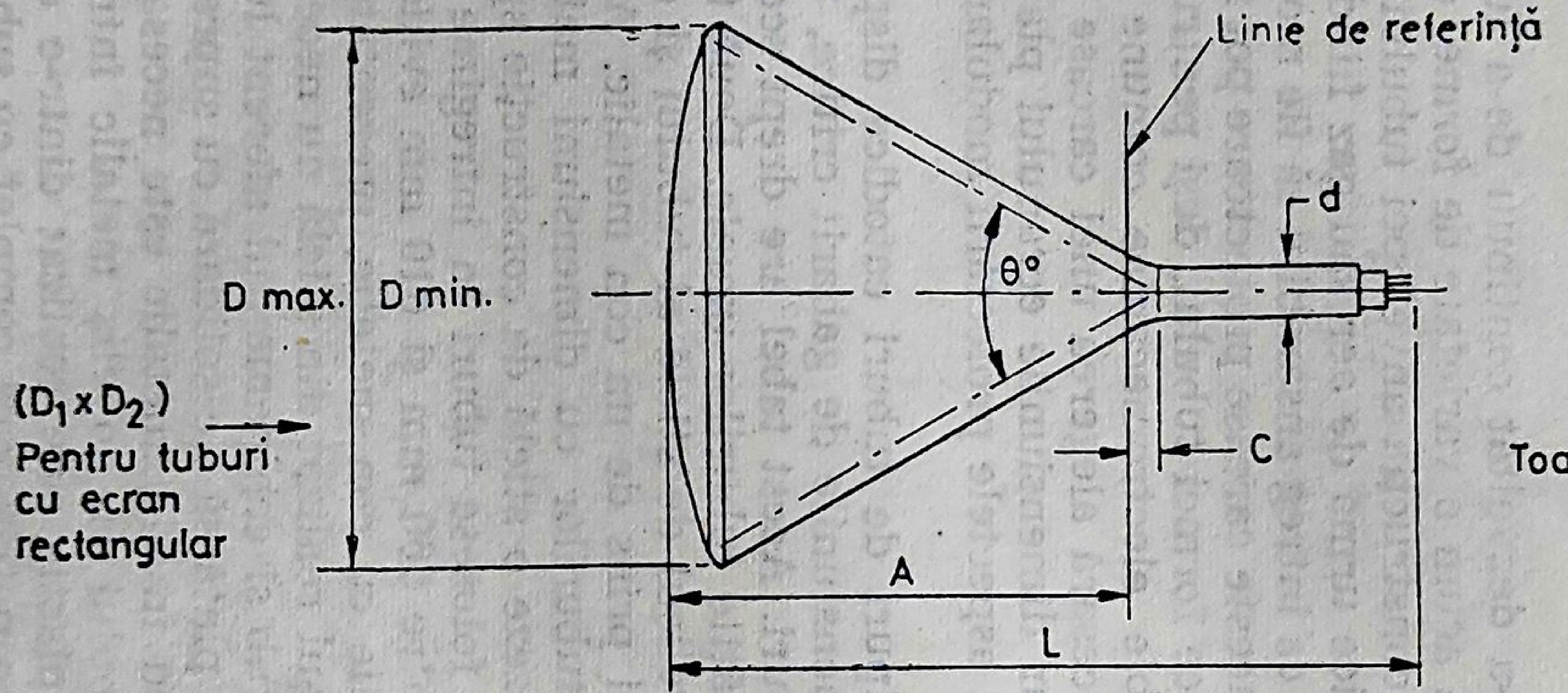
În momentul de faţă concepţiile de proiectare mecanică ale dispozitivelor de afişare pe tub catodic (display) se concentrează asupra tubului catodic şi a unui număr de funcţiuni electronice aferente, al căror scop este de a controla viteza, poziţia şi luminozitatea (intensitatea) spotului luminos.

Tubul catodic modern care s-a dezvoltat continuu de-a lungul unei perioade de aproape 20 ani, capătă acum o varietate de forme, dimensiuni şi greutăţi. Materialele folosite în construcţia anvelopei tubului sînt sticla sau combinaţii de sticlă-metal. Orice urmă de aer sau gaz fiind eliminată din interiorul tubului, este necesar ca întreg ansamblul să fie montat într-o carcasă rigidă protectoare. Pentru aceste carcase protectoare pot fi adoptate diferite forme constructive, specifice formei tubului, deşi pentru a se permite asamblarea unor subansamble electromecanice comune pentru o familie diversă de tuburi ar fi necesară alegerea unei carcase de o anumită formă la care să varieze doar dimensiunile ecranului plat. În acest capitol vor fi prezentate în detaliu aspectele proiectării modulare a carcasei tuburilor.

Tabela 5.1. prezintă cîteva tipuri de tuburi catodice disponibile în mod curent pe piaţă şi indică dimensiunile de gabarit critice, toleranţele precum şi greutatea diverselor tipuri. Acest tabel are drept scop prezentarea dimensiunilor tipice şi greutăţile tuburilor uzuale. Două tipuri constructive predomină şi anume: învelişul de sticlă al tubului şi ecranul de sticlă cu ansamblul gîtului tubului prins de un con metalic. Această din urmă construcţie este rezervată tuburilor cu dimensiuni mai mari ale ecranului şi ea necesită să se utilizeze o sticlă de construcţie specială, cu săruri metalice. Producătorii care folosesc tuburi în întregime din sticlă cu ecrane mari avînd diametrul între 560 mm şi 610 mm evidenţiază un număr de avantaje faţă de tuburile cu con metalic, prezentate mai jos.

Tubul catodic cu întreg învelişul realizat din sticlă nu necesită includerea unui strat de izolaţie între tub şi echipamentul aferent lui. Deci el poate fi astfel montat încît faţa sa plată să fie solidară cu suprafaţa frontală a cutiei. În cazul tuburilor cu înveliş metalic este necesar izolarea feţei sale plate prin plasarea tubului cu înveliş metalic într-un guler nemetalic. Gulerul sau inelul de plastic este realizat dintr-o compoziţie răşinoasă astfel modelată încît să se potrivească complet cu subansamblul tubului catodic, ca în fig. 5.1.

Tabela 5.1.



Toate dimensiunile în mm

Producătorul tubului	D max.	D min.	A	L	θ°	d	C	Greutatea aprox. a tubului		Observații
M.O.V. Type 988	310	250	272 ± 3,5	470 min. 550 max.	50	$35\ {}^{+0,5}_{-1,0}$	32	4,5 Kg	10 lb	Înveliș din sticlă de 12"
M.O.V. Type 983	406 ± 4	373	384 ± 4	590 min. 650 max.	50	$35\ {}^{+0,5}_{-1,0}$	—	6,8 Kg	15 lb	Înveliș din sticlă de 16"
Ferranti 24/10	606 ± 4	514	489 ± 6	718 ± 10	57	$37\ {}^{\pm 0,5}_{-1,5}$	22	27,8 Kg	60 lb	Înveliș din sticlă de 24" cu ecran plat
Rauland Type R 6192	552 ± 3	508	576 ± 6	596 ± 10	70	$37\ {}^{+0,5}_{-1,5}$	28	13,6 Kg	30 lb	Con metalic și ecran din sticlă de 12"
C.S.F. Type F8038P7	400 ± 7	365	363 ± 8	546 ± 10	53	$35\ {}^{+3}_{-0}$	25	5,2 Kg	11,5 lb	Con metalic și ecran din sticlă de 16"
Thorn – A.E.I.	$D_1 \times D_2$ 346 x 424,5	$D_1 \times D_2$ 305 x 384	192,5 ± 3,5	302,5 ± 6,5	110 pe diagonale	29,4 max. 27,8 min.	—	8,6 Kg	19 lb	Înveliș din sticlă, tub rectangular cu ranforsări metalice

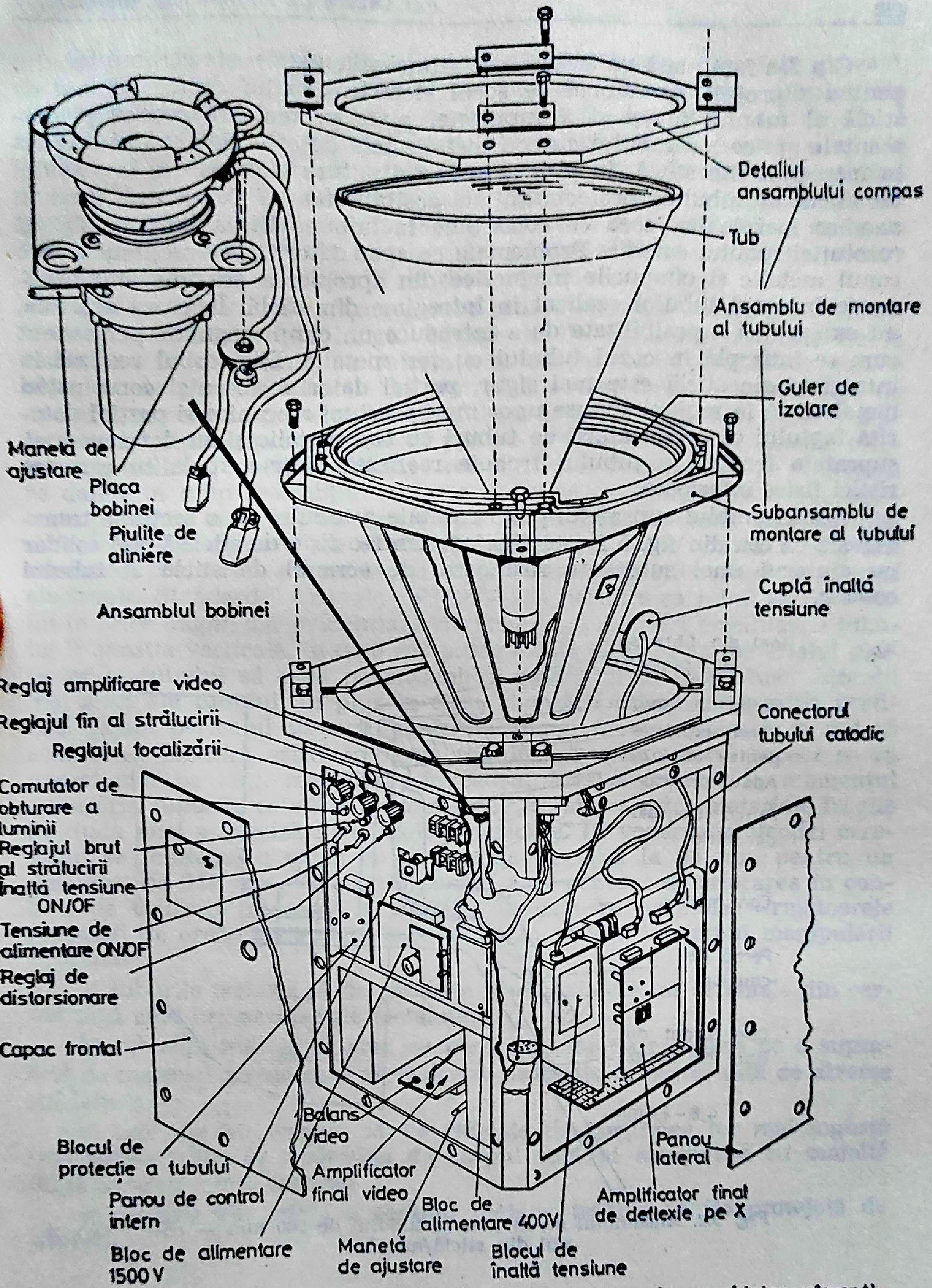

Detaliul ansamblului compas
Tub
Ansamblu de montare al tubului
Guler de izolare
Subansamblu de montare al tubului
Cuplă înaltă tensiune
Conectorul tubului catodic
Maneta de ajustare
Placa bobinei
Piulițe de aliniere
Ansamblul bobinei
Reglaj amplificare video
Reglajul fin al strălucirii
Reglajul focalizării
Comutator de obturare a luminii
Reglajul brut al strălucirii
Înaltă tensiune ON/OF
Tensiune de alimentare ON/OF
Reglaj de distorsionare
Capac frontal
Blocul de protecție a tubului
Panou de control intern
Bloc de alimentare 1500 V
Balans video
Amplificator final video
Maneta de ajustare
Bloc de alimentare 400V
Blocul de înaltă tensiune
Amplificator final de deflexie pe X
Panou lateral

Fig. 5.1. Localizarea tubului de afişare de 560 mm şi a subansamblelor aferenţi.

O a 2-a față plată va trebui însă atunci adăugată peste ecranul tubului pentru a proteja operatorul de șocul electric. Spațiul dintre ecranul de sticlă al tubului însăși și a suprafeței plate protectoare reduce performanțele optice ale tubului cu con metalic față de cele ale tubului realizat în întregime din sticlă. În plus prin însăși natura izolatoare a învelișului de sticlă al tubului, proiectanții au posibilitatea să folosească tensiuni anodice mai înalte, ceea ce contribuie la îmbunătățirea luminozității și rezoluției tubului catodic. Problemele ce apar datorită interacțiunii dintre conul metalic și cîmpurile magnetice din apropierea acestuia sînt diminuate în cazul tubului realizat în întregime din sticlă. În cazul acestuia, nu există nici o posibilitate de a introduce un cîmp magnetic permanent cum se întîmplă în cazul tubului cu con metalic. Deci tubul realizat în întregime din sticlă este mai sigur, parțial datorită absenței combinației metal-sticlă în regiuni supuse unor mari tensiuni mecanice și parțial datorită faptului că producătorii de tuburi cu con metalic și-au dat seama că suprafața frontală a tubului trebuie realizată dintr-o sticlă cu caracteristici fizice inferioare.

Subansamblul suprafeței plate frontale a tubului cu o secțiune transversală ca cea din fig. 5.2 este fabricat dintr-o fîșie de sticlă lipită solidar cu ajutorul unei substanțe rășinoase, de ecranul de sticlă al tubului catodic.

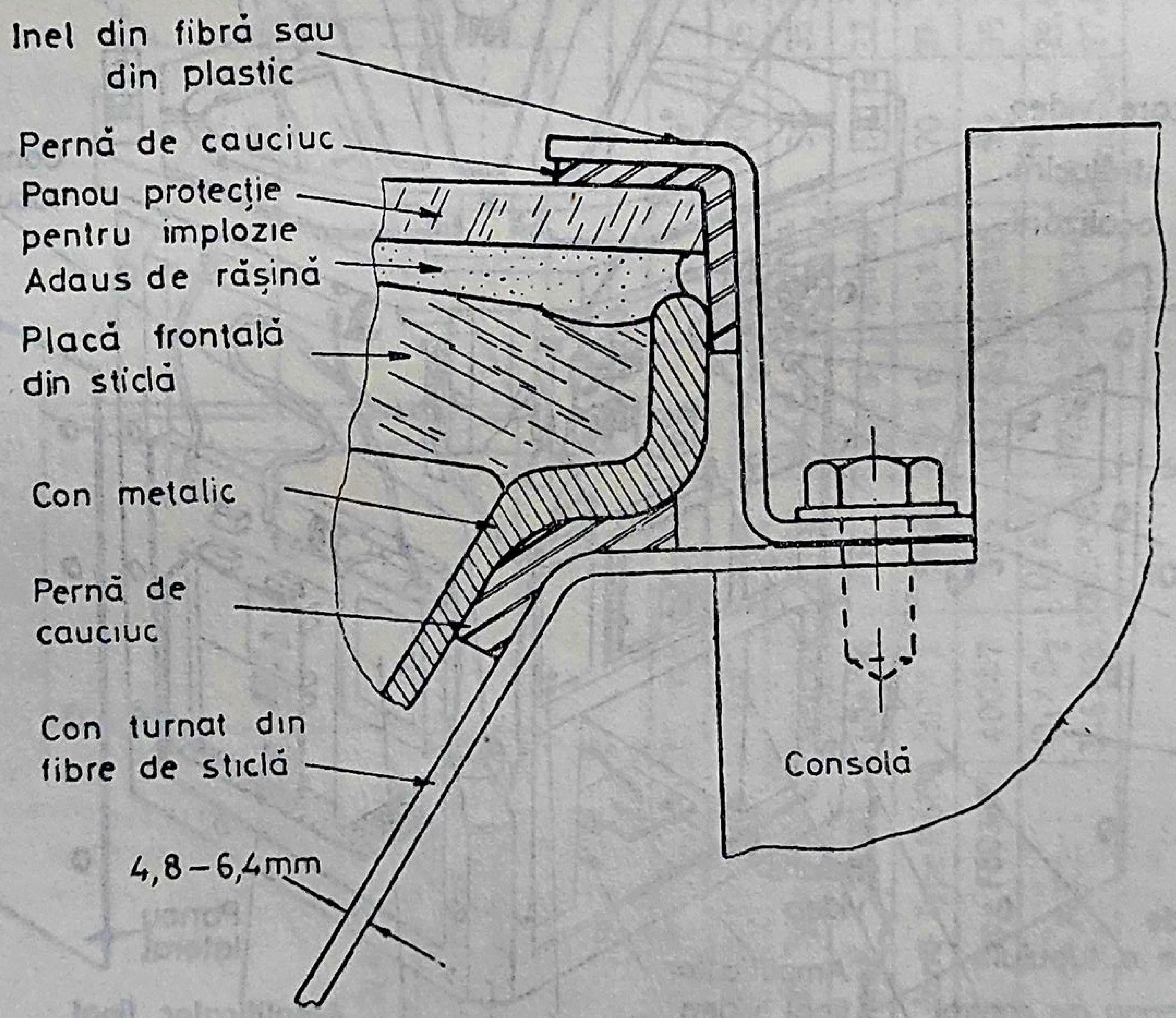

Inel din fibră sau din plastic
Pernă de cauciuc
Panou protecție pentru implozie
Adaus de rășină
Placă frontală din sticlă
Con metalic
Pernă de cauciuc
Con turnat din fibre de sticlă
4,8–6,4mm
Consolă

Fig. 5.2. Ansamblul ecran plat al tubului de 560 mm — conul din sticlă/metal.

Fîşia de sticlă de protecţie poate fi furnizată cu o suprafaţă gravată, care reduce parţial reflexele ce se pot produce pe suprafaţa tubului. Un pigment de colorare poate fi introdus în substanţa răşinoasă de lipire realizîndu-se astfel un filtru optic care este special ales pentru o emisie fosforescentă. Asemenea suprafeţe plate pentru ecranul tubului sînt sigure din punct de vedere al unor eventuale implozii. Aceste suprafeţe, folosite pentru ecranul tubului, sînt aproape plate adică au o rază foarte mare de curbură şi aceasta permite folosirea lor pentru afişarea de diverse contururi de genul hărţi sau direcţii de zbor.

Deci pe tuburile de afişare pentru radare se poate obţine chiar vizualizarea unor hărţi de-a lungul cărora datele dinamice obţinute de la radar pot fi vizualizate cu referinţe şi cu informări geografice statice obţinute de pe aceste hărţi. Oricum însă există anume dezavantaje de operare, în ceea ce priveşte folosirea unor astfel de expuneri statice. Sistemele de afişare moderne preferă pentru generarea datelor, sisteme electronice, utilizînd metode hardware sau software. Prin aceasta se realizează ca datele în timp real obţinute de la radar să se menţină corect înregistrate pe ecran în raport cu vectorii hărţii generate, în ciuda unor posibile defecte de funcţionare ale sistemului electronic ce ar putea afecta atît semnalele prelucrate ale radarului cît şi datele geografice generate în mod electronic. Standardul britanic CP100T-1954 permite ca tubul să fie montat în orice unghi, dar evidenţiază riscurile unei montări eventuale a tubului în poziţia verticală, în care caz poate exista situaţia ca materialul protector al tubului să cadă pe ansamblul catodului în cazul unor vibraţii mai mari ale tubului. În plus în cazul montării tubului în poziţie verticală există pericolul impactului ecranului cu diverse obiecte ce pot să cadă şi să producă astfel implozia tubului. Asupra acestui aspect se va reveni mai pe larg, mai tîrziu în cadrul acestui capitol. În momentul ambalării, tuburile catodice trebuie să fie tratate ca orice materiale fragile în ciuda unei etanşeizări în fazele anterioare. În vederea protecţiei ecranului se foloseşte o sticlă cu o grosime de pînă la 25 mm pentru un diametru de 560 mm, suficientă pentru a se preveni deteriorarea în condiţii de utilizare normală şi condiţii atmosferice normale. Următoarele precauţii de ordin general trebuie avute în vedere în timpul manipulării tuburilor:

a) tuburile trebuie să fie păstrate în ambalajele lor originale din carton pînă cînd urmează să fie instalate;

b) tuburile trebuie să stea cu porţiunea lor de ecranare pe o suprafaţă de material moale care să realizeze protecţia tuburilor faţă de diverse zgîrieturi;

c) tuburile nu trebuie să fie ridicate de porţiunea lor mai îngustă (aşa-numitul gît) ci totdeauna de corpul tubului menţinînd cu cealaltă mînă porţiunea mai subţire;

d) izolaţia din sticlă a conului metalic trebuie să fie protejată de izbituri;

e) dacă tuburile sînt manipulate de persoane necalificate, aceştia trebuie să poarte ochelari de protecţie.

Înainte de a se trece la o discutare a aspectelor de proiectare mecanică a sistemelor de afişare cu tub catodic, trebuie să se ia în considerare o parte din condiţiile de mediu înconjurător în care trebuie să lucreze aceste tuburi. Astfel dacă aceste sisteme de vizualizare urmează să fie instalate în sisteme de operare mobile sau pe nave de război, trebuie ca aceste sisteme de vizualizare să fie supuse unor teste foarte severe.

În afara aspectelor mai importante ce sînt subliniate de standardele militare DEF (Anglia) şi MIL (S.U.A.), o deosebită importanţă o are spaţiul minim ce urmează a fi ocupat de tub. Radiaţiile ce provin de la blocurile componente ale sistemului de afişare trebuie să fie menţinute la un nivel minim şi de asemenea întregul sistem de afişare trebuie să fie ecranat faţă de cîmpurile magnetice exterioare. Astfel pe structura vasului nu poate fi plasată nici o legătură care să nu asigure o conexiune de masă adecvată. O altă problemă ar putea fi constituită de răcirea sistemului. În plus atît utilizatorii civili cît şi cei militari cer ca sistemele de afişare să poată fi înlocuite rapid în cazul unei defecţiuni de funcţionare.

Dacă e cazul unui tub mare montat orizontal pe o masă turnantă de trasare a poziţiei, trebuie să fie posibilă schimbarea tubului a cărui greutate poate ajunge la 27 kg. Spaţiul limitat de care se dispune la bordul unui vas poate însă constitui un handicap serios.

Fig. 5.3 arată ansamblul dulapului pentru o consolă prevăzută cu un sistem de afişare cu diametrul ecranului de 560 mm, montat orizontal.

Suprafaţa de trasare a poziţiei se roteşte în sus, greutatea sa contrabalansînd presiunea aplicată prin intermediul unei bare de torsiune şi atunci sistemul de afişare poate fi rabatat înainte folosind un sistem mecanic de corecţie.

Tubul poate fi scos prin deplasarea ansamblului compasului. Consola este construită pentru 3 operatori, fiecare din ei avînd acces la dispozitivele de interfaţă ale calculatorului (ex.: maşină de scris de console şi tastatura alfanumerică).

Tuburile mai mici cu ecranul avînd dimensiunea de 300 mm pot fi înlocuite folosind un sistem cu glisiere într-un mod similar celui prezentat în fig. 5.4.

Specificaţiile de mediu înconjurător precizate în standardul britanic DEF 133, conţin o serie de cerinţe necesare bunei funcţionări ale sistemului de vizualizare pe mare.

Pentru un producător de sisteme de afişare pe tub catodic, trebuie să fie prevăzut un suport de susţinere a tubului pentru tuburi de diverse mărimi. De aceea aceste suporturi trebuie să fie concepute în formă modulară.

Nu este practic să se descrie mai multe soluţii pentru realizarea unor asemenea suporturi ce se folosesc în prezent. Din punct de vedere al pro-

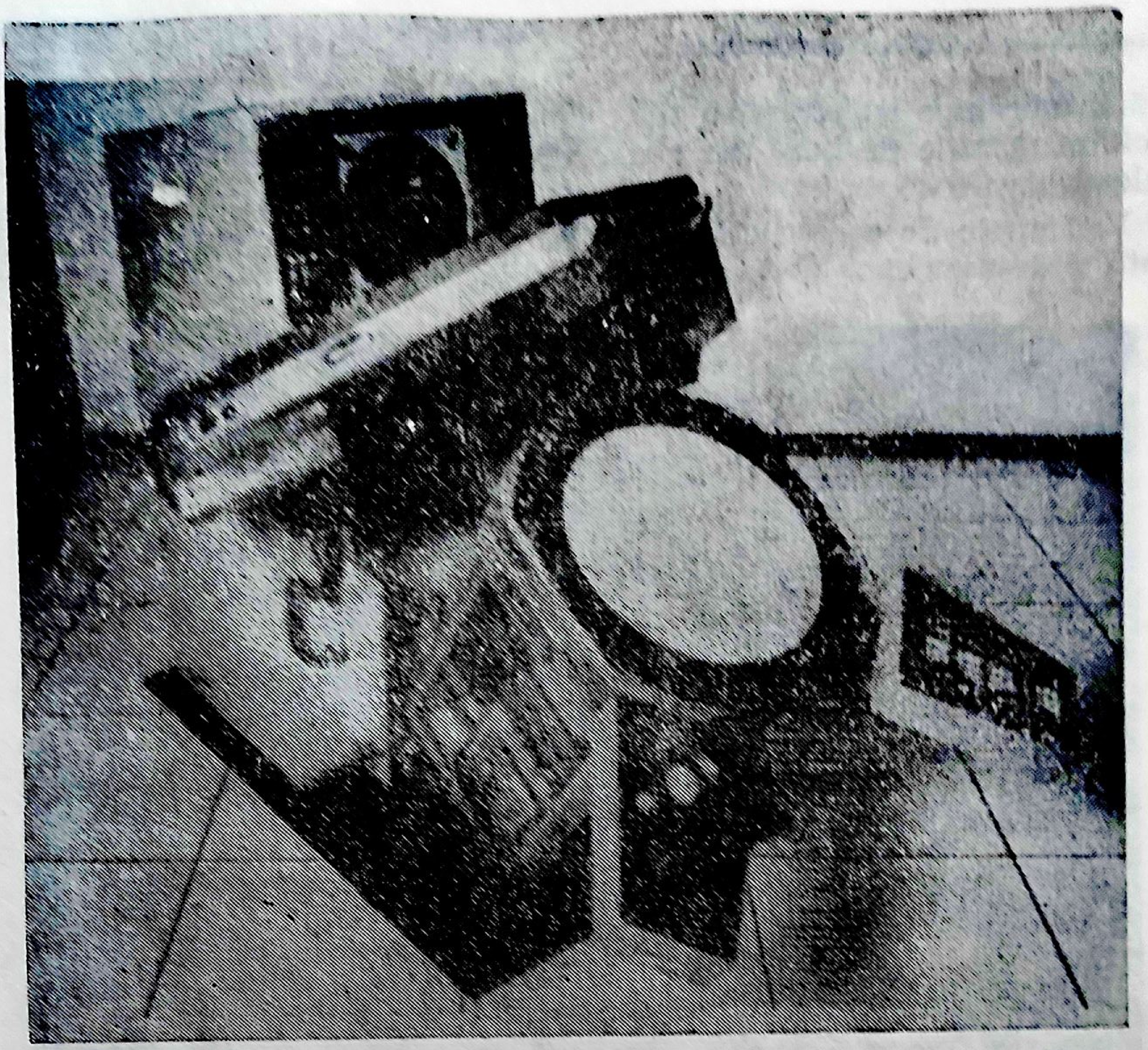


Fig. 5.3. Dispozitiv tactic de înregistrare a poziţiei cu dispozitiv de afişare a datelor, înclinat, pentru facilitarea înlocuirii tuburilor de 22" în spaţii limitate.

Tabela 5.2

	Numărul paragrafului standard DEF
Detecţia vibraţiei de rezonanţă	8.1
Vibraţii în timpul funcţionării	8.2
Vibraţii la probe de durată	8.3
Încercări de convexitate	7.0
Încercări la şocuri	7.3
Încercări la şocuri prin cădere	
Încercări la căldură în atmosferă uscată	11.0
Încercări la căldură în atmosferă umedă	11.1
Încercări la temperatură joasă	
Încercări la presiune şi temperatură joasă	12.0
Încercări la funcţionare la presiune joasă	12.2
Încercări la condiţii tropicale	11.2
Încercări la ambalare	7.4

iectării mecanice au apărut o serie de dificultăţi cu atît mai puţine însă cu cît principiile de bază ale realizării suportului pentru tuburi au fost înţelese.

Variantele de construcţii mecanice sînt adesea o chestiune de experienţă şi de asemenea depind şi de modul de asamblare a diverselor sub-

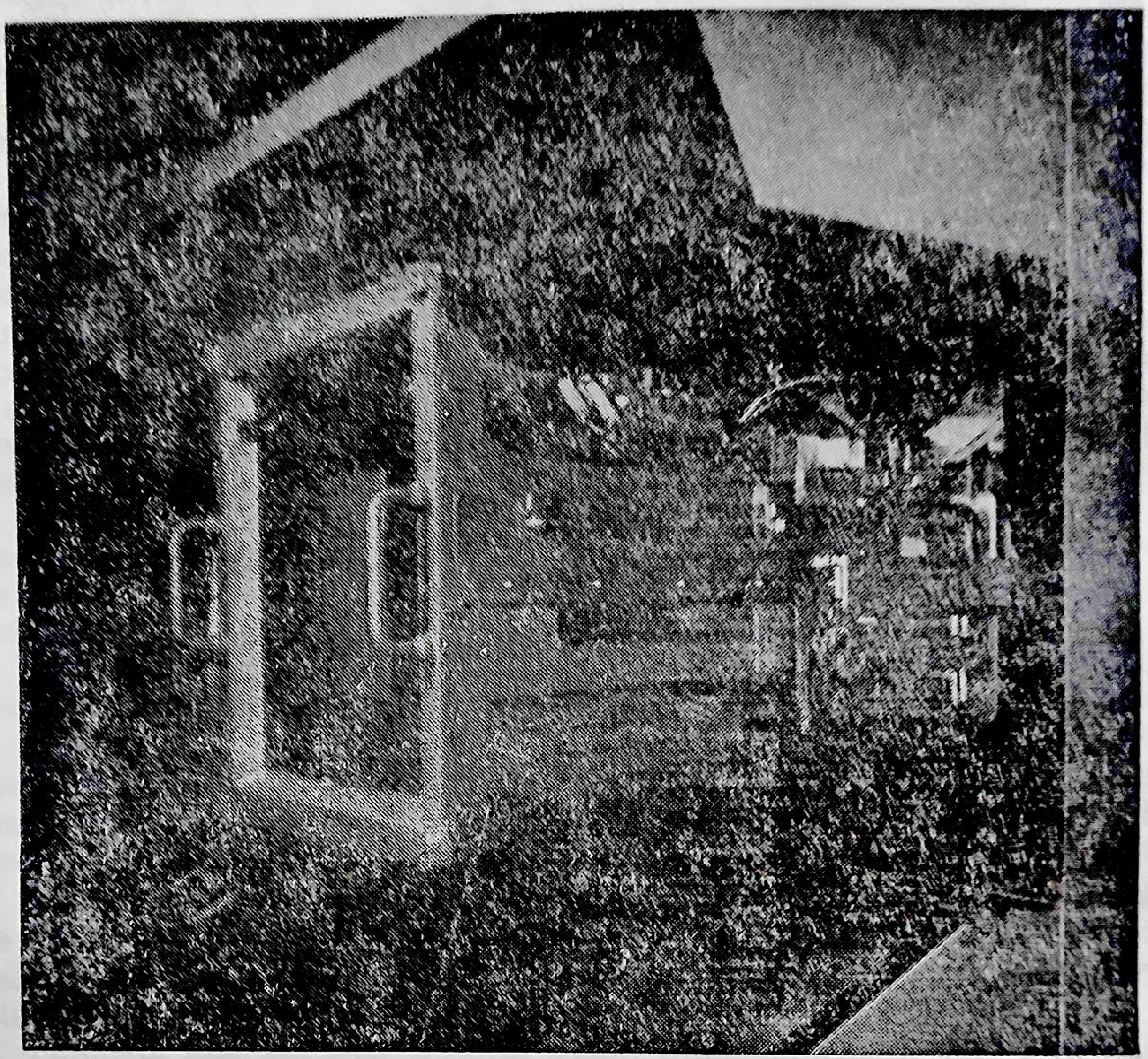


Fig. 5.4. Dispozitiv de afişare a datelor montat pe consolă cu ajutorul unor şine extensibile pentru facilitarea operaţiilor de întreţinere şi depanare.

ansamble electronice necesare controlului vitezei fascicolului de electroni, a poziţiei şi intensităţii acestuia şi de aspectul economic. Există posibilitatea alegerii uneia din metodele constructive standard pentru cei ce doresc ca pentru suporturile tubului să folosească construcţii din tablă sau construcţii metalice turnate sau diverse tehnici de turnare de material plastic, funcţie de o serie de consideraţii care ţin de încărcarea maşinilor unelte, numărul de operaţii standard, preţurile unitare (fig. 5.5). Se consideră ca suficientă prezentarea unui singur exemplu tipic utilizat pe care apoi să-l folosim pentru a se înţelege concepţia de proiectare mecanică necesară pentru ca sistemul de afişare să fie un produs viabil.

Tuburile catodice sînt disponibile într-o mare varietate de dimensiuni ale gîtului tubului, dar cea mai mare parte au tubul propriu zis (gîtul) cu un diametru 35 mm, respectiv 37 mm, pentru S.U.A., întrucît aceste dimensiuni asigură cel mai potrivit parametru pentru proiectarea sistemului de afişare.

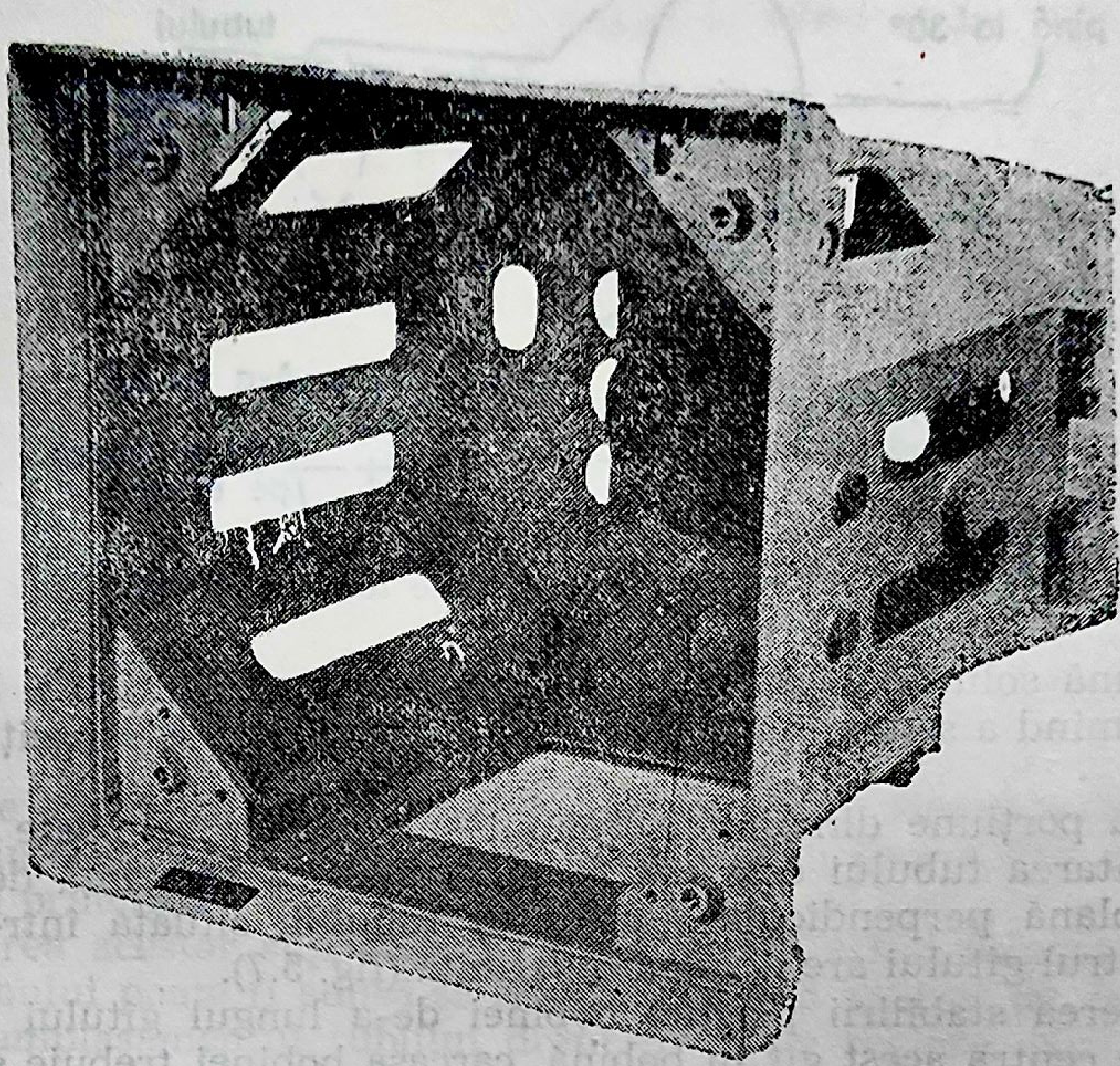


Fig. 5.5. Presă turnată frontală a tubului catodic.

Metodele magnetice de deflexie, descrise în capitolul anterior necesită ca un set de bobine să fie plasate pe exteriorul învelişului tubului catodic. Poziţia acestui ansamblu electromagnetic trebuie să fie stabilită cu precizie pentru a se evita posibilitatea fenomenelor de umbrire provocată de deplasarea bobinei de-a lungul axei gîtului tubului şi pentru a se minimiza efectele defocalizatoare ce pot fi produse de pătrunderea dezaxată a fascicolului de electroni în cîmpul magnetic.

Toleranţele de prelucrare împreună cu învelişul tubului catodic fac ca axa gîtului tubului să devieze sub un unghi de 3° faţă de centrul axei balonului tubului ceea ce înseamnă o deplasare de pînă la 3 mm faţă de axa tubului (fig. 5.6).

Mai există o toleranţă, referitoare la lungimea ansamblului balon-gît al tubului care alături de celelalte toleranţe amintite are un efect tridimensional producînd o deplasare a poziţiei în cele 3 plane perpendiculare, între centrul ecranului şi centrul sistemului de deflexie. De aici dificultatea de poziţionare a bobinei de deflexie magnetică şi de fixare a tubului, ori de cîte ori se pune problema înlocuirii tubului unui sistem de afişare.

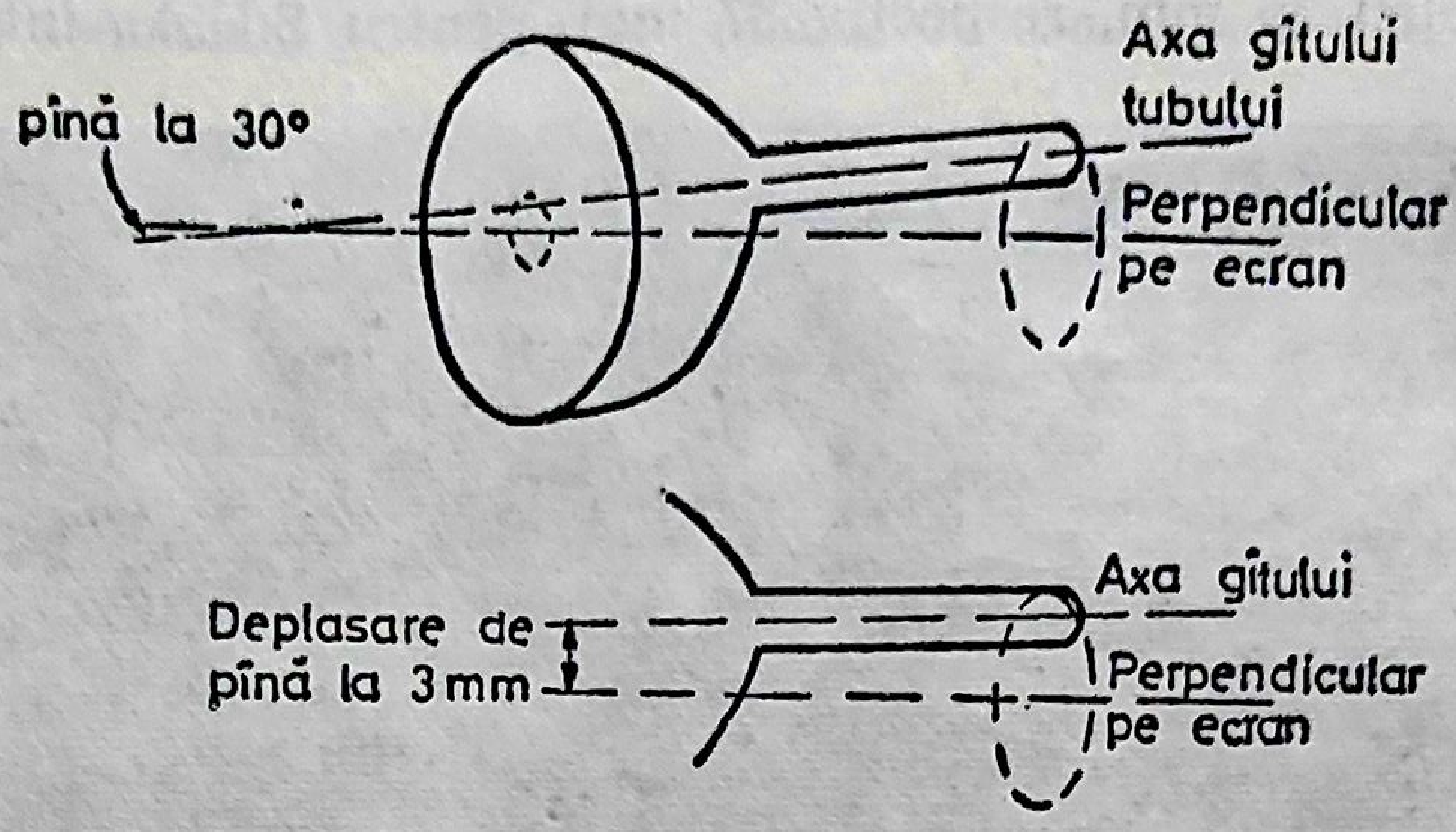

pînă la 30°
Axa gîtului tubului
Perpendicular pe ecran
Deplasare de pînă la 3mm
Axa gîtului
Perpendicular pe ecran

Fig. 5.6. Toleranţele de contur ale tubului catodic.

Cea mai bună soluţie ar fi fixarea într-o poziţie definitivă a bobinei de deflexie, urmînd a se accepta diferite toleranţe de fixare a poziţiei tubului catodic.

Singura porţiune din învelişul unui sub catodic ce poate fi folosită pentru montarea tubului este aşa numitul plan de referinţă definit ca o suprafaţă plană perpendiculară pe gîtul tubului, situată într-un punct unde diametrul gîtului are o valoare definită (fig. 5.7).

În vederea stabilirii poziţiei bobinei de-a lungul gîtului tubului şi pentru a se centra acest gît în bobină, carcasa bobinei trebuie să aibă un diametru adecvat, corespunzător unei poziţii de-a lungul gîtului prin care să se excludă ecranarea bobinei. Aceasta asigură de asemenea şi un suport

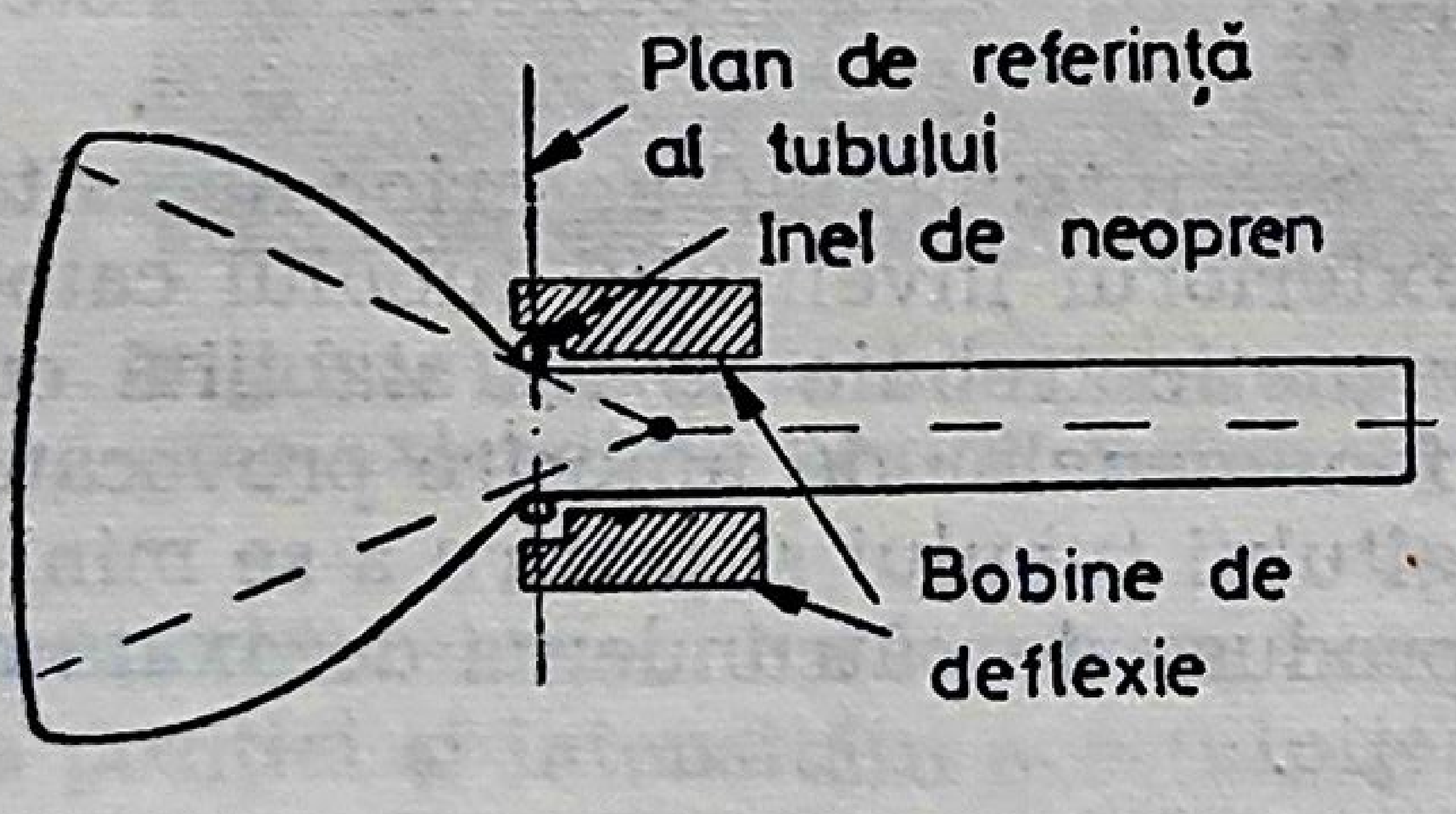

Plan de referinţă al tubului
Inel de neopren
Bobine de deflexie

Fig. 5.7. Interfaţa bobinei tubului catodic.

pentru tubul catodic. Cea mai grea porţiune a tubului este cea corespunzătoare suprafeţei plate şi a balonului şi dat fiind şocul mecanic la care trebuie să fie supus sistemul de afişare, este necesară asigurarea prin intermediul celui de-al doilea suport în imediata apropiere a plăcii din faţă, aşa ca masa întregului tub să fie repartizată pe cele două suporturi situate la cele două capete mai grele ale tubului.

O metodă des folosită este aceea a aplicării în jurul tubului catodic a unei benzi, separate de tub printr-un strat de neopren p (fig. 5.8). Între banda suport și stratul de neopren se așază cîte unul din brațele fiecăruia din cele 4 suporturi în formă de L.

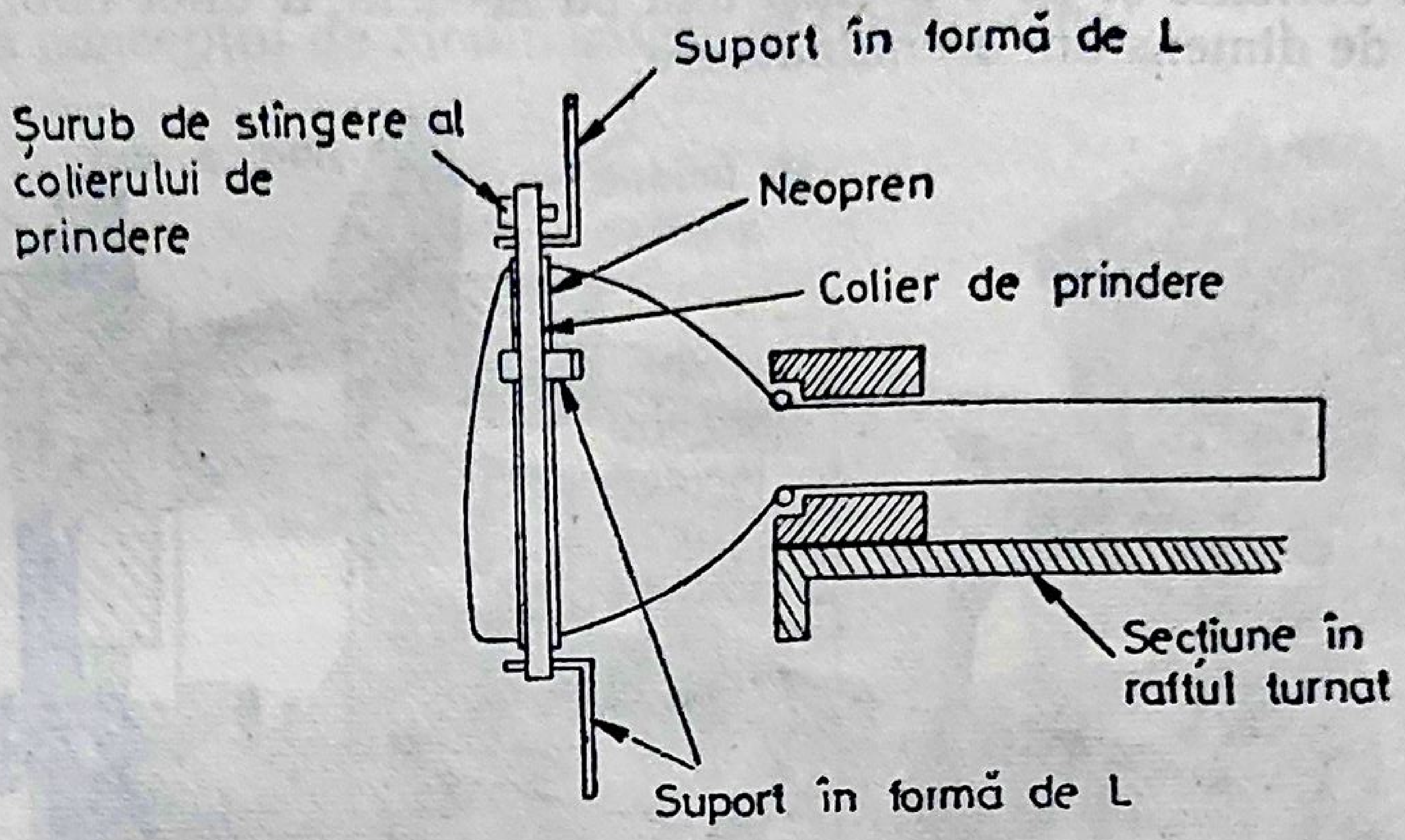

Suport în formă de L
Șurub de stîngere al colierului de prindere
Neopren
Colier de prindere
Secțiune în raftul turnat
Suport în formă de L

Fig. 5.8. Suportul frontal al tubului catodic.

Aceste suporturi în consolă dispuse în mod corespunzător în jurul circumferinței tubului constituie mijloacele prin care tubul este fixat de ansamblul principal.

Reglarea acestor suporturi în consolă este astfel asigurată încît axa gîtului tubului poate fi adusă să coincidă cu axa bobinei de deflexie, folosindu-se amplasamentul tubului drept pivot de reglare. Nici o altă manevră nu mai este necesară în cazul în care se folosește tubul cu focalizare electrostatică, cum se întîmplă în majoritatea cazurilor. Axa fascicolului de electroni va coincide aproape cu axa gîtului tubului și după orice dezaxare a fascicolului de electroni, el trebuie să fie aliniat și față de bobina de focalizare (fig. 5.9).

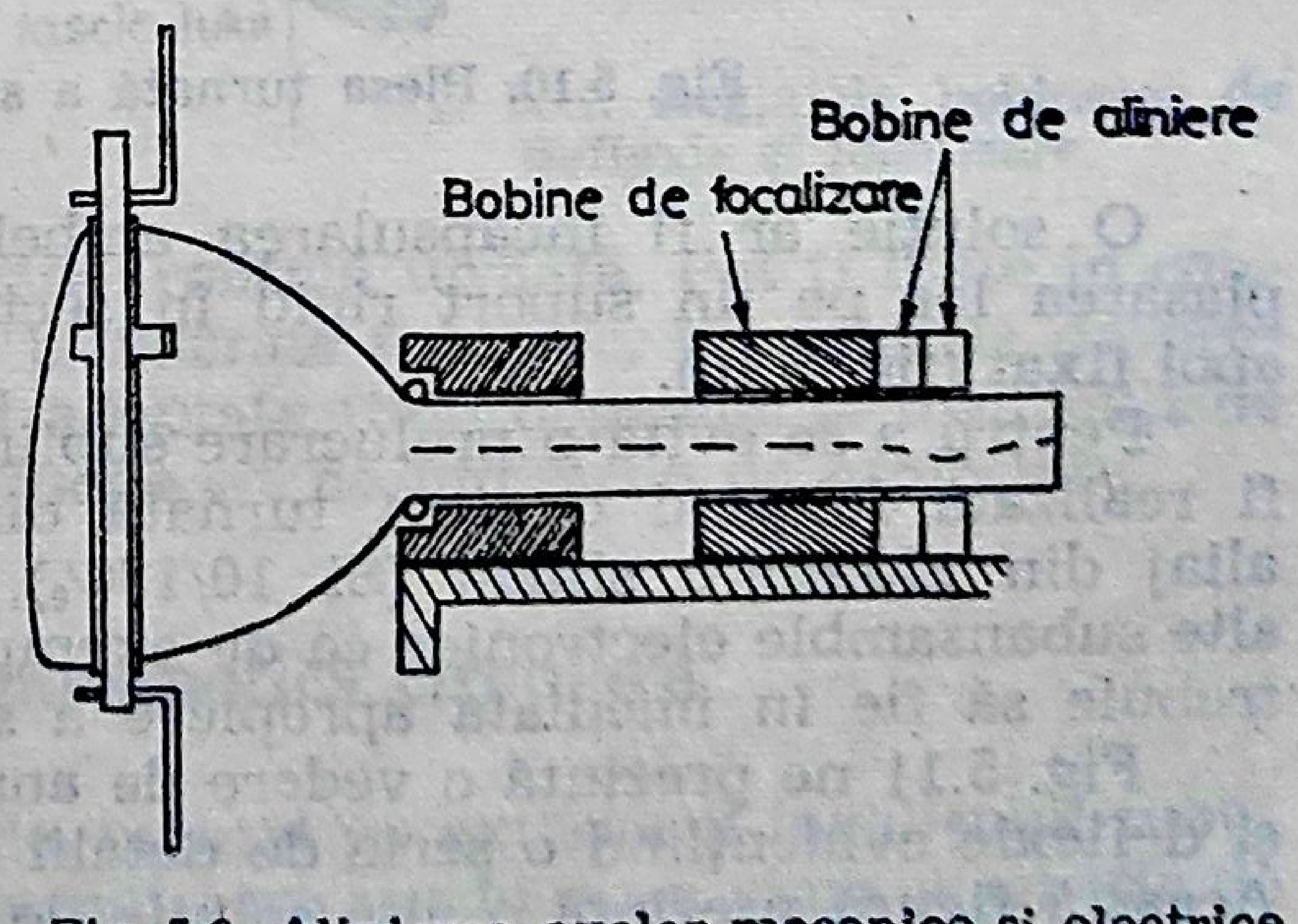

Bobine de aliniere
Bobine de focalizare

Fig. 5.9. Alinierea axelor mecanice și electrice ale fascicolului.

Reglajul necesar pentru a asigura pătrunderea fascicolului de electroni în cîmpul de-a lungul axei se poate realiza fie mecanic deplasînd bobina pînă cînd axa ei coincide cu cea a fascicolului de electroni fie electronic prin deplasarea fascicolului de electroni pînă ce acesta va coincide cu axa bobinei. Acest reglaj electronic se obține prin utilizarea a două bobine mici montate în spatele bobinei de focalizare. De obicei se folosește o metodă electronică întrucît este esențial să se poată privi ecranul tubului în timpul reglajului. Singura problemă rămasă a fi rezolvată pe cale mecanică este aceea de a găsi o metodă de montare în spatele bobinei de deflexie și pe o aceiași axă cu aceasta, a unei bobine de focalizare cam de dimensiuni asemănătoare.

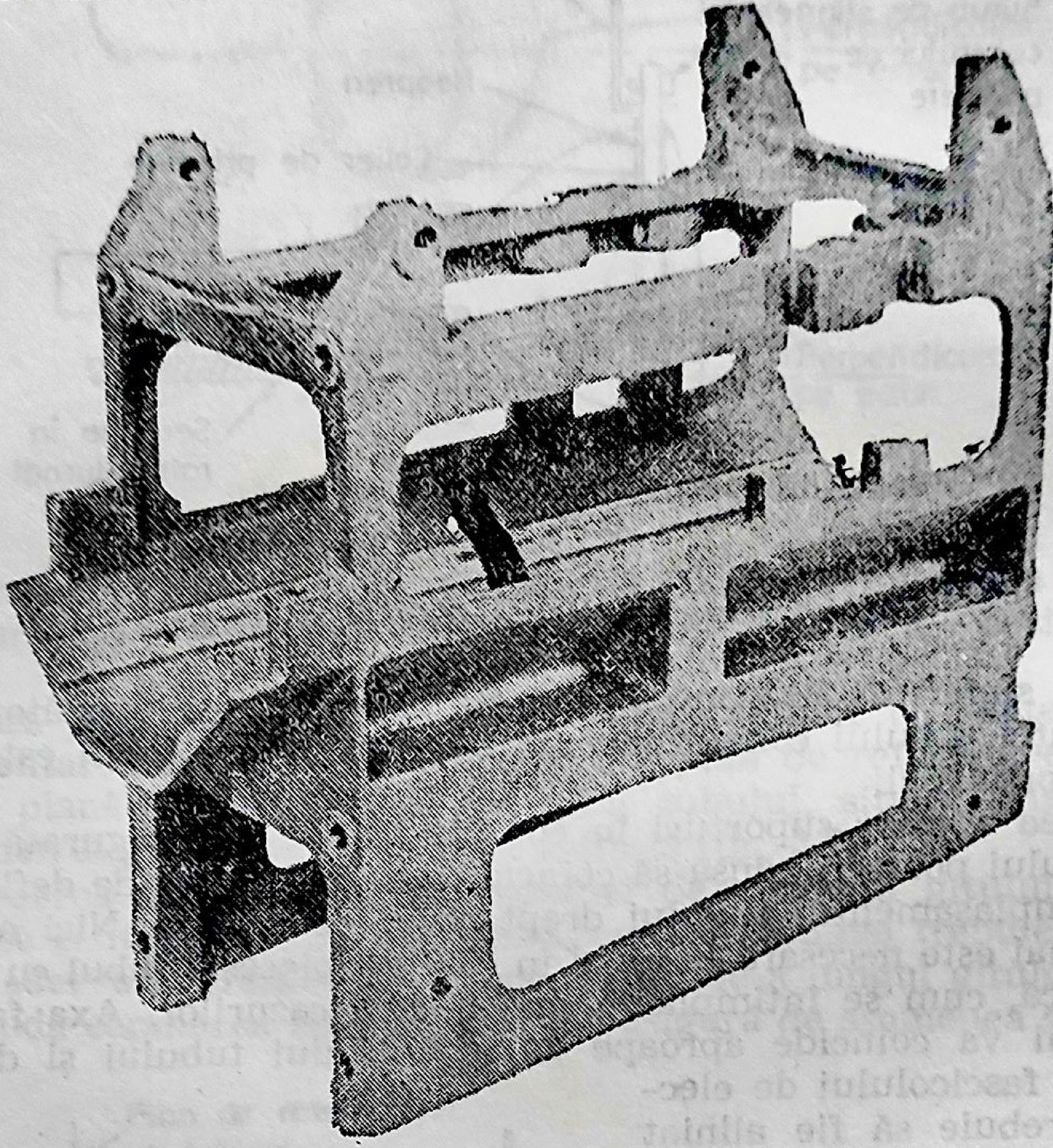


Fig. 5.10. Piesa turnată a suportului bobinei.

O soluție ar fi încapsularea ambelor bobine cu diametre egale și plasarea lor pe un suport rigid în secțiune în formă V de care să fie apoi fixat (fig. 5.10).

Pentru a se evita o prelucrare suplimentară, o asemenea fixare poate fi realizată folosind o piesă turnată dintr-un material ca de exemplu: aliaj din aluminiu siliciu (Si 10/13%), proiectată astfel ca să suporte alte subansamble electronice ca de exemplu; blocul tensiunilor înalte, care trebuie să fie în imediata apropiere a sistemului de deflexie a tubului.

Fig. 5.11 ne prezintă o vedere de ansamblu a sistemului de focalizare și deflexie evidențiind o serie de detalii de fixare mecanică și de reglare. Această figură prezintă o altă soluție de proiectare în comparație cu cele din figura 5.9, indicînd o soluție de proiectare mecanică mai puțin compactă. Suportul ecranului tubului trebuie să fie fixat ferm de structura de susținere a bobinei, realizîndu-se un ansamblu rigid capabil să suporte șocuri și vibrații (fig. 5.12).

Prin folosirea unei carcase turnate sau doar a unei carcase frontale turnată capabilă să fie adaptată la tuburile catodice de diverse mărimi se realizează conceptul de modularitate al construcției.

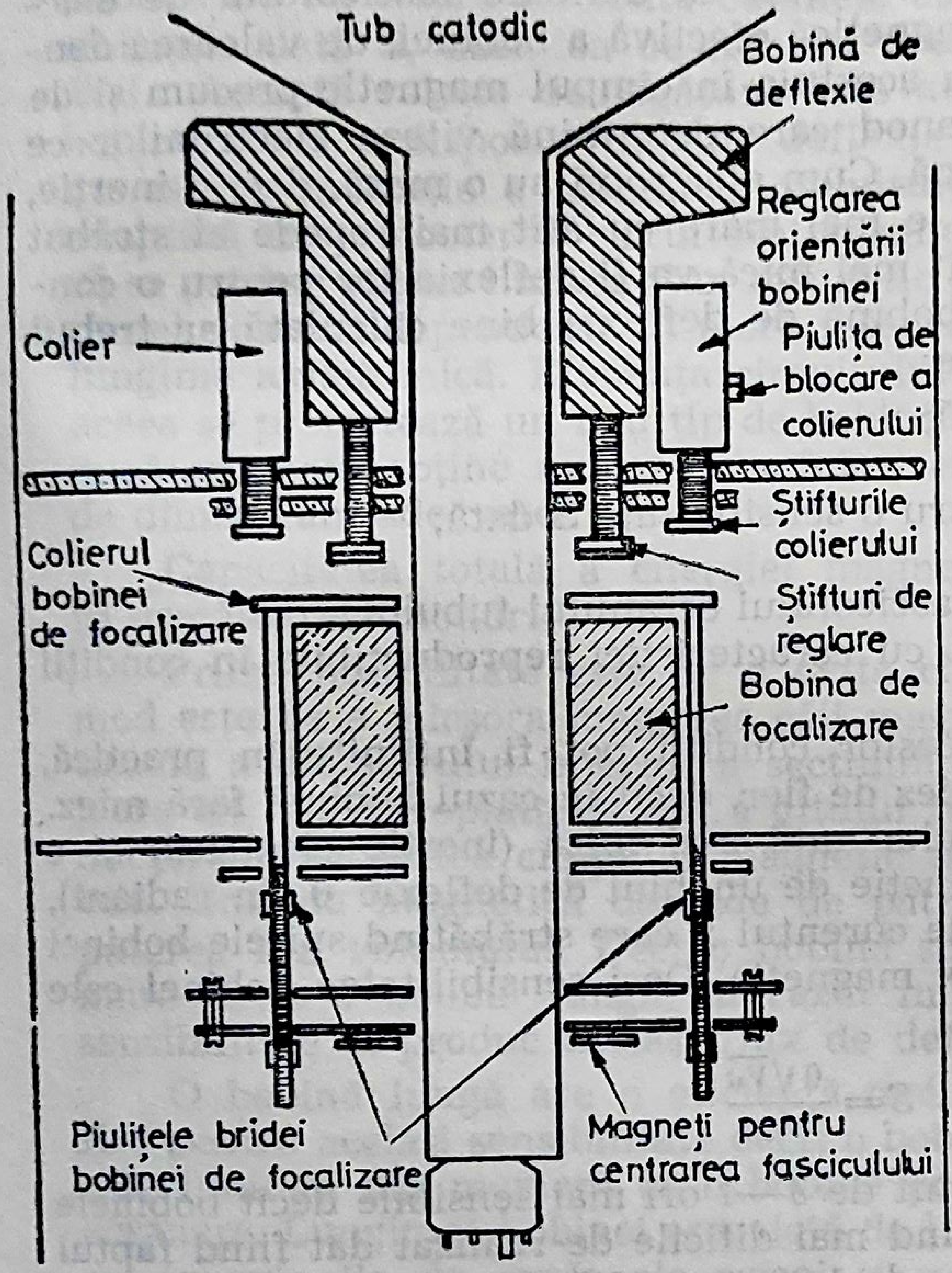

Tub catodic
Bobină de deflexie
Reglarea orientării bobinei
Colier
Piulița de blocare a colierului
Știfturile colierului
Colierul bobinei de focalizare
Știfturi de reglare
Bobina de focalizare
Piulițele bridei bobinei de focalizare
Magneți pentru centrarea fasciculului

Fig. 5.11. Reglajele bobinelor de deflexie și focalizare.

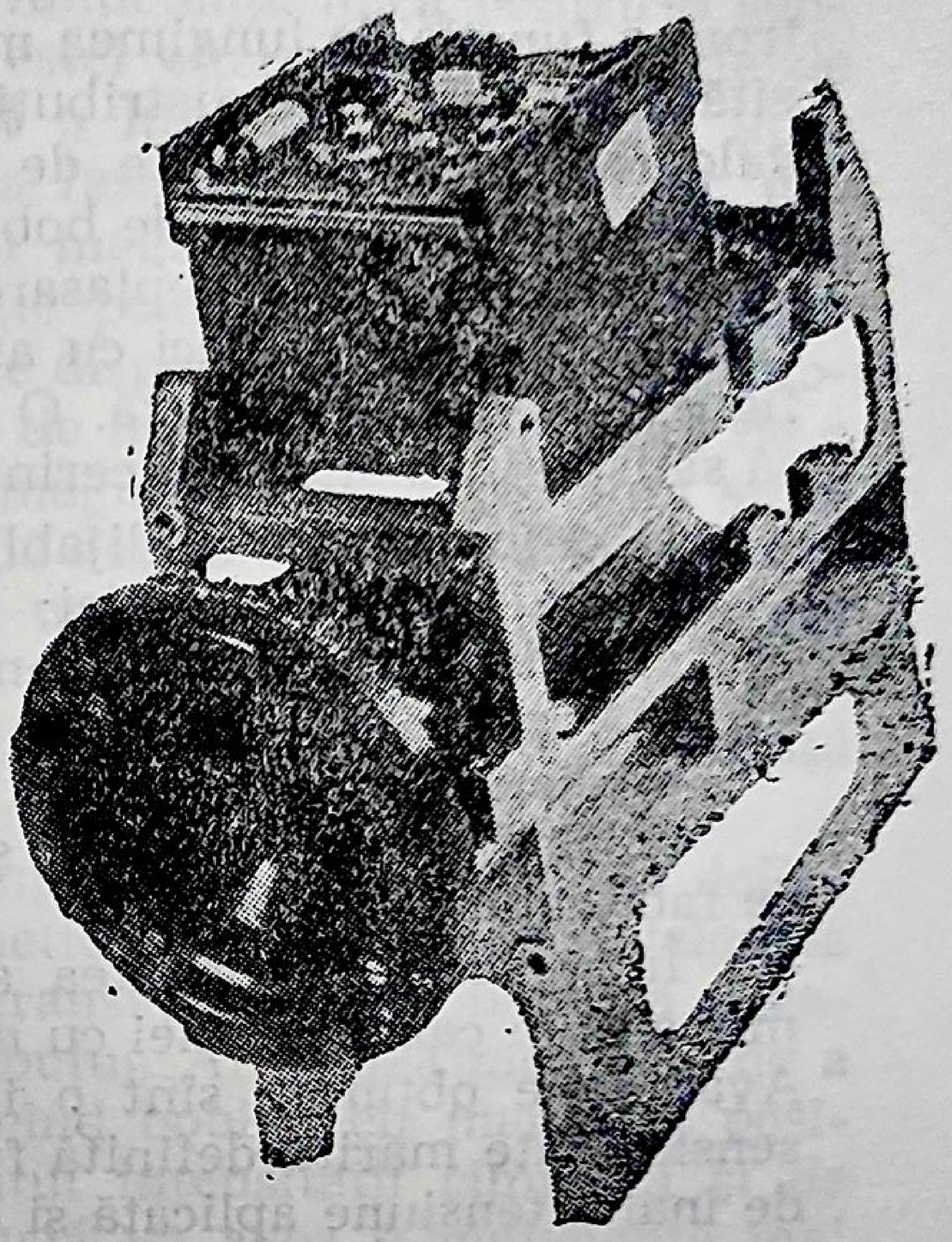


Fig. 5.12. Ansamblu parțial pe piesa turnată a suportului bobinei.

În fig. 5.5. se prezintă o carcasă frontală turnată. Pot fi luate în considerare și structuri de susținere prelucrate mecanic, procedurile de prelucrare mecanică ce urmează a fi adoptate fiind dependente mai mult de economicitatea procesului de producție cît de limitările de proiectare.

Bobina de deflexie electromagnetică circulară

Ansamblul bobinei de deflexie, montat pe exteriorul învelișului tubului este în principal un electromagnet care produce un cîmp magnetic de valoare controlată în scopul curbării fascicolului de electroni ai tubului aşa ca el să poată fi fixat în orice poziţie, la cerere, pe ecranul tubului. Bobina este un component important a întregului sistem electro-optic şi necesită o mare precizie atît în proiectare cît şi în prelucrare.

Teoria deflexiei unui fascicol de electroni în prezenţa unui cîmp magnetic este arhicunoscută şi nu se discută în detaliu în acest capitol. Oricum în urma unei analize elementare ce poate fi găsită în literatura de specialitate trebuie subliniat faptul că deflexia fascicolului de electroni e funcţie de lungimea magnetică efectivă a bobinei, de valoarea densităţii de flux şi de distribuţia acestuia în cîmpul magnetic precum şi de valoarea tensiunii înalte de anod care determină viteza electronilor ce străbat cîmpul produs de bobină. Cum electronii au o masă, deci o inerţie, cu cît viteza lor de deplasare e mai mare cu atît mai repede ei străbat cîmpul magnetic şi deci cu atît mai mică va fi deflexia lor pentru o configuraţie geometrică dată. O bobină de deflexie bine calculată ar trebui să satisfacă următoarele cerinţe:

a) defocalizarea neglijabilă;
b) liniaritatea deflexiei;
c) inductanţa scăzută pentru o sensibilitate S dată;
d) rezistenţă scăzută;
e) distorsionare redusă a fascicolului ecranului tubului;
f) să fie mică, robustă şi cu caracteristici reproductibile în condiţii de fabricaţie de serie.

În general majoritatea acestor condiţii pot fi întîlnite în practică, mai ales în cazul bobinei cu miez de fier, decît în cazul bobinei fără miez. Avantajele obţinute sînt o inductanţă mai mică (inerţie electrică) şi o sensibilitate mărită definită funcţie de unghiul de deflexie θ (în radiani), de înalta tensiune aplicată şi de curentul I, care străbătînd spirele bobinei produce o densitate B, de flux magnetic. Deci sensibilitatea bobinei este dată de relaţia:

$$S=\frac{\theta\sqrt{V_a}}{L}$$

Bobinele cu miez de fier sînt de 3—4 ori mai sensibile decît bobinele fără miez, acestea din urmă fiind mai dificile de realizat dat fiind faptul că pentru sensibilitate mai mare de 1 000 necesită un mare număr de spire realizate dintr-un conductor foarte subţire.

Deşi bobinele de mare sensibilitate sînt mai avantajoase întrucît necesită valori mai scăzute ale curentului de deflexie, alimentarea lor cu tensiune în formă de dinţi de fierăstrău este limitată de inductanţă.

Pentru o formă dată a bobinei, inductanţa creşte cu pătratul numărului de spire în timp ce curentul de deflexie e invers proporţional cu numărul de spire. Deci pentru o viteză de baleiere dată, tensiunea aplicată bobinei e proporţională cu numărul de spire. Înseamnă că pentru o bobină dată şi pentru o tensiune dată a bazei de timp, apare o limitare a vitezei de baleiere şi atunci pentru obţinerea unor viteze mai mari este necesară o bobină cu o sensibilitate şi o inductanţă redusă. Puterea disipată de o bobină de deflexie devine semnificativă pentru viteze mari de baleiere. Consumul de putere al bobinei și al circuitelor electronice, trebuie menținut la o valoare suficient de scăzută pentru a se evita o disipare excesivă de căldură deci adoptarea unor soluții scumpe de răcire. Este deci de dorit să se micșoreze inductanța L, a bobinei din moment ce consumul de putere este funcție de L, și de frecvența de modificare a valorii curentului prin bobină. Se consideră eficiente bobinele cu inductanță mică pentru o sensibilitate dată S, unitatea de măsură a acestei eficiențe fiind funcție de S^2/L. Această relație de legătură este atît o indicație a eficienței unei bobine cît și a dispozitivului de deflexie a fascicolului de electroni, dar nu este o indicație a eficienței circuitului magnetic. O anumită soluție adoptată în proiectarea circuitului magnetic poate fi eficientă în sensul că se produc puține linii de flux magnetic de dispersie deci valoarea inductanței poate fi dependentă în mare măsură de un diametru mare sau de o lungime axială mică. Eficiența circuitului magnetic este importantă și de aceea se proiectează un nou tip de bobină de deflexie fiindcă o inductanță mică se poate obține numai prin folosirea unui circuit magnetic eficient de dimensiuni adecvate.

Capacitatea totală a energiei magnetice a bobinei poate fi redusă în următoarele moduri:

Prima posibilitate este de a evita cîmpurile de dispersie. Al doilea mod este de a micșora lungimea căii magnetice și de a se aduce valoarea uzuală a diametrului interior a secțiunii transversale a bobinei la o valoare cît mai apropiată de cea a gîtului tubului. Al treilea mod este de a micșora intensitatea cîmpului magnetic făcînd bobina cît mai lung posibilă. Energia magnetică depinde de pătratul intensității cîmpului și de puterea I a volumului. Deci o bobină scurtă va avea o inductanță mai mare decît o bobină lungă, în cazul în care ambele bobine au aceiași sensibilitate și produc același flux de deflexie și același flux de scăpări.

O bobină lungă are o eficiență mai ridicată și necesită mai puține fire pentru aceiași sensibilitate decît o bobină scurtă, dar lungimea bobinei este limitată din moment ce o bobină prea lungă produce fenomenul de ecranare. Lungimea bobinei este dată de lungimea bobinei însăși împreună cu conexiunile de capăt ale spirei și cu cea a unor porțiuni de masă mecanice de la cele 2 capete.

În cazul miezurilor crestate (exemplu cele cu „dinți interiori“) lungimea cerută de conexiunile externe ale bobinei poate fi ocupată în mod efectiv de miez, folosind în mod special piese polare de capăt.

Pentru a obține o eficiență ridicată a bobinei, se folosesc miezurile crestate din fier avînd spirele bobinei îngropate în crestăturile miezului.

Crestăturile înguste ale miezului în care sînt plasate adînc spirele generează căi de flux de dispersie între dinții adiacenți. Experimentul s-a găsit că cea mai bună lățime a despicăturilor pentru un miez cu 12 despicături este obținută atunci cînd lățimea despicăturii e aproximativ egală cu lățimea dintelui.

O creştere a lăţimii despicăturii conduce la creşterea inductanţei prin creşterea diametrului interior efectiv al bobinei. Datorită fluxului de scăpări care se închide prin crestăturile miezului există o diferenţă pentru valoarea inductanţei spirelor pentru o bobină străbătută de flux, atunci cînd o spiră e plasată pe vîrful crestăturii şi cealaltă la baza crestăturii.

Bobinajul mai adînc realizează o inductanţă cu 10—15% mai mare pentru un acelaşi număr de spire. O bobină străbătută de cîmp este o bobină cu 4 seturi de spire care produc deflexii ale spotului în cele 2 direcţii ortogonale, pozitive şi negative, notate de obicei cu axele x şi y de deflexie. O bobinare atentă a acestor solenoizi cu acelaşi întrefier limitează valoarea inductanţei mutuale dintre ele, aşa că aceste circuite de deflexie pot să acţioneze independent unul de celălalt.

Miezurile crestate pot fi bobinate folosind tehnica normală utilizată în prezent la bobinarea micromotoarelor folosindu-se o sîrmă subţire cu ajutorul căruia se măreşte sensibilitatea.

Miezurile trebuie construite sau din straturi laminate de aliaj de Ni sau din alte materiale aşa încît să nu fie posibilă producerea de curenţi turbionari care să conducă la reducerea efectivă a permeabilităţii precum şi distorsionarea fascicolului de electroni. Termenul de „curenţi turbionari" se aplică acelor curenţi electrici care circulă într-o porţiune de material conductor cînd acesta se află într-un cîmp magnetic variabil. Aceşti curenţi turbionari, care circulă pe căi închise într-un material ca de exemplu fier, produc un cîmp magnetic axial de sens opus cu cel al cîmpului magnetic indus, prin care se reduce amplitudinea acestui cîmp.

Această reducere a amplitudinii cîmpului conduce la o distribuţie de flux neuniform de-a curmezişul miezului bobinat, densitatea de flux în porţiunile din afara miezului fiind mai mare decît în centrul său. În general pierderile prin curenţii turbionari per cm^3, pentru un material dat sînt funcţie de pătratul frecvenţei. Cu cît frecvenţa e mai mare, cu atît mai pronunţat va fi „efectul skin" care produce curenţi turbionari în straturile exterioare ale miezului şi deci produce modificarea distribuţiei de flux în miez.

În practică miezurile crestate sînt construite dintr-o serie de inele de permalloi, fiecare inel fiind fabricat în mod separat prin acelaşi proces. Pulberea de metal, ce constă din Ni 80%, Fe 16%, Molibden 4% este amestecată împreună cu o soluţie de silicat de sodiu 1%, caolin, carbonat de magneziu şi o mică cantitate de bachelită. După uscare şi pulverizare pulberea este sinterizată la o presiune de 1 390 MN/m^2 (90 to/m^2). Inelele obţinute prin acest procedeu sînt apoi coapte la 700°C într-o atmosferă de 90% nitrogen şi 10% hidrogen. Inelele de miez sînt casante şi poroase şi atunci este necesar încă un proces de prelucrare ce constă din scufundarea lor într-o suspensie de bachelită pentru impregnarea şi etanşarea suprafeţei, urmată apoi de o încălzire la 130°C pentru uscare. Cum suprafeţele inelului sînt etanşate, este posibil să le lipim cu ajutorul unei răşini adezive (araldită) obţinînd un miez crestat de lungimea cerută (fig. 5.13).

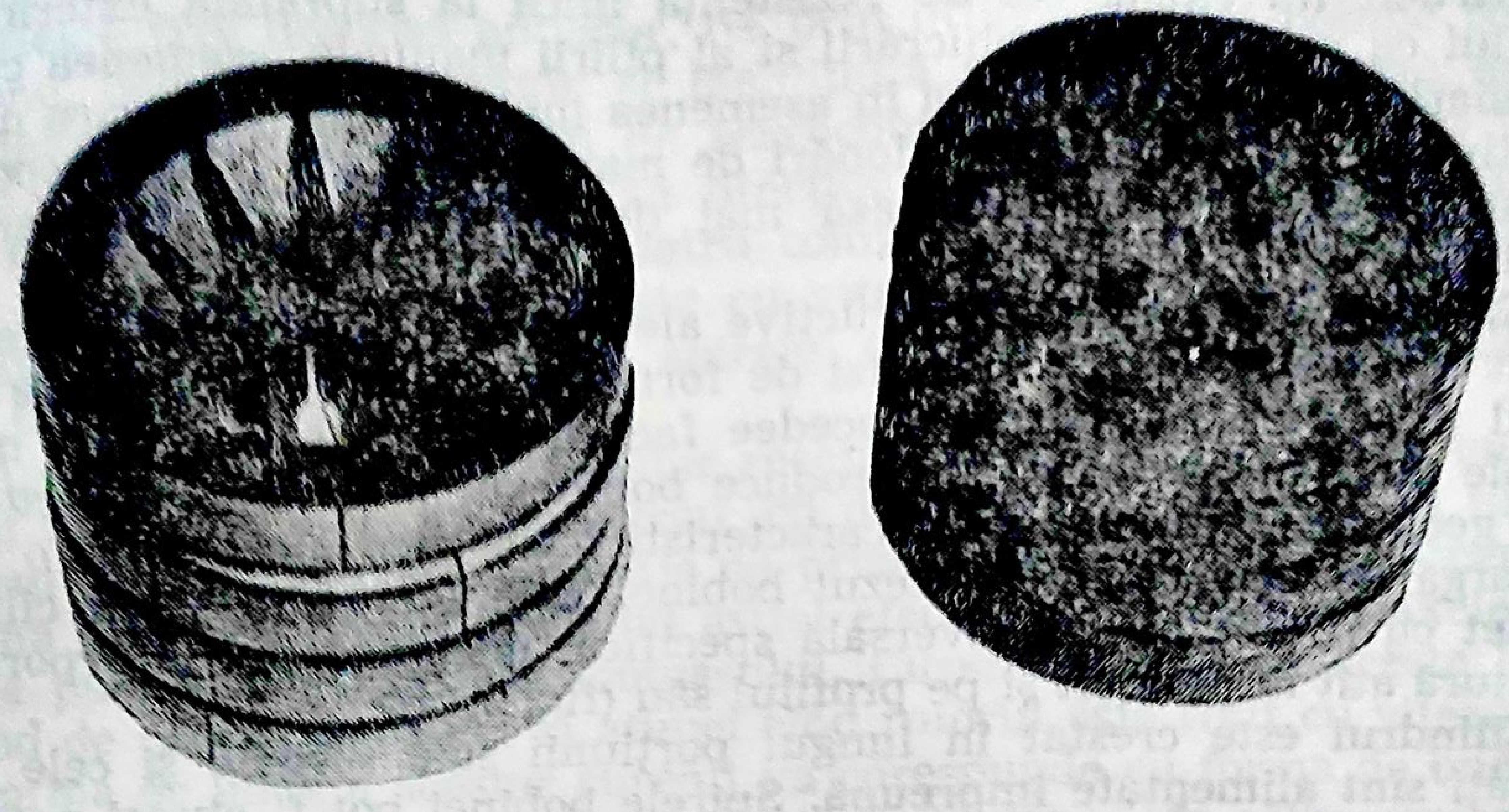


Fig. 5.13. Miez crestat, construit din inele de Permalloy.

NOTĂ LA EDIȚIA ROMÂNĂ

În tabela ce urmează sînt date caracteristici pentru miezuri produse în R. S. România.

Tabelă cu caracteristici pentru miezuri produse în R. S. România

Miezuri tip oală și X
Date caracteristice

dimensional Tip	Ie (cm)	Ae (cm²)	Factor de inductanță Al(nH/sp²)	Toleranța Al	Intrefier mm	Material
Oală Ø 14×8	2	0,25	40 100 200	± 3%	1 0,3 0,1	MZ-5
Oală Ø 23×17	3,65	0,91	160 280 400	± 3%	0,3 0,3 0,2	MZ-5
Oală Ø 34×28	5,89	1,6	250 475 630 1000	± 3%	0,3 0,3 0,2 0,1	MZ-5
Miez ×30	5,5	1,15	3000	+30% −20%	–	MZ-5

Întrucît nu există căi de rezistență mică la suprafața exterioară a miezului ca rezultat al prelucrării și al pilirii manuale, asemenea curenți turbionari care pot încă exista în asemenea inele sînt de o valoare nesemnificativă și nu produc distorsionări de mare viteză ale baleerii spotului.

Aceste probleme se tratează mai departe drept distorsionări ale spotului.

Există și alte tehnici constructive ale miezului în special acelea care permit o prebobinare de solenoizi de forme specifice ce sînt fixate peste miezul de metal. Asemenea procedee fac posibile folosirea unor mașini speciale de bobinare care pot produce bobine în mari cantități, cu toleranțe geometrice repetabile și caracteristici electrice identice în o gamă mai largă de performanțe. Miezul bobinei este prelucrat ca un cilindru complet cu o secțiune transversală specifică, miezul avînd încorporată o crestătură atît în plan cît și pe profilul său (fig. 5.14).

Cilindrul este crestat în lungul porțiunii sale turnate și cele două jumătăți sînt alimentate împreună. Spirele bobinei pot fi atunci potrivite peste jumătățile individuale ale miezului sau chiar bobinate efectiv peste fiecare jumătate.

După aceea, cele două jumătăți complete de bobină sînt lipite împreună. Jumătățile individuale de miez nu sînt interschimbabile. Această tehnică de construcție a bobinei își găsește aplicație în industria de televiziune, unde sînt necesare mari cantități de bobine conice pentru a asigura unghiurile de deflexie de 110°C folosite de obicei în tuburile de la televizoare. O aplicație similară se mai poate întîlni în radaruri de marină, ce folosesc asemenea tuburi TV cu unghiuri mari de deflexie și care folosesc bobine rotative în locul bobinelor fixe pentru a se produce o scanare rotativă.

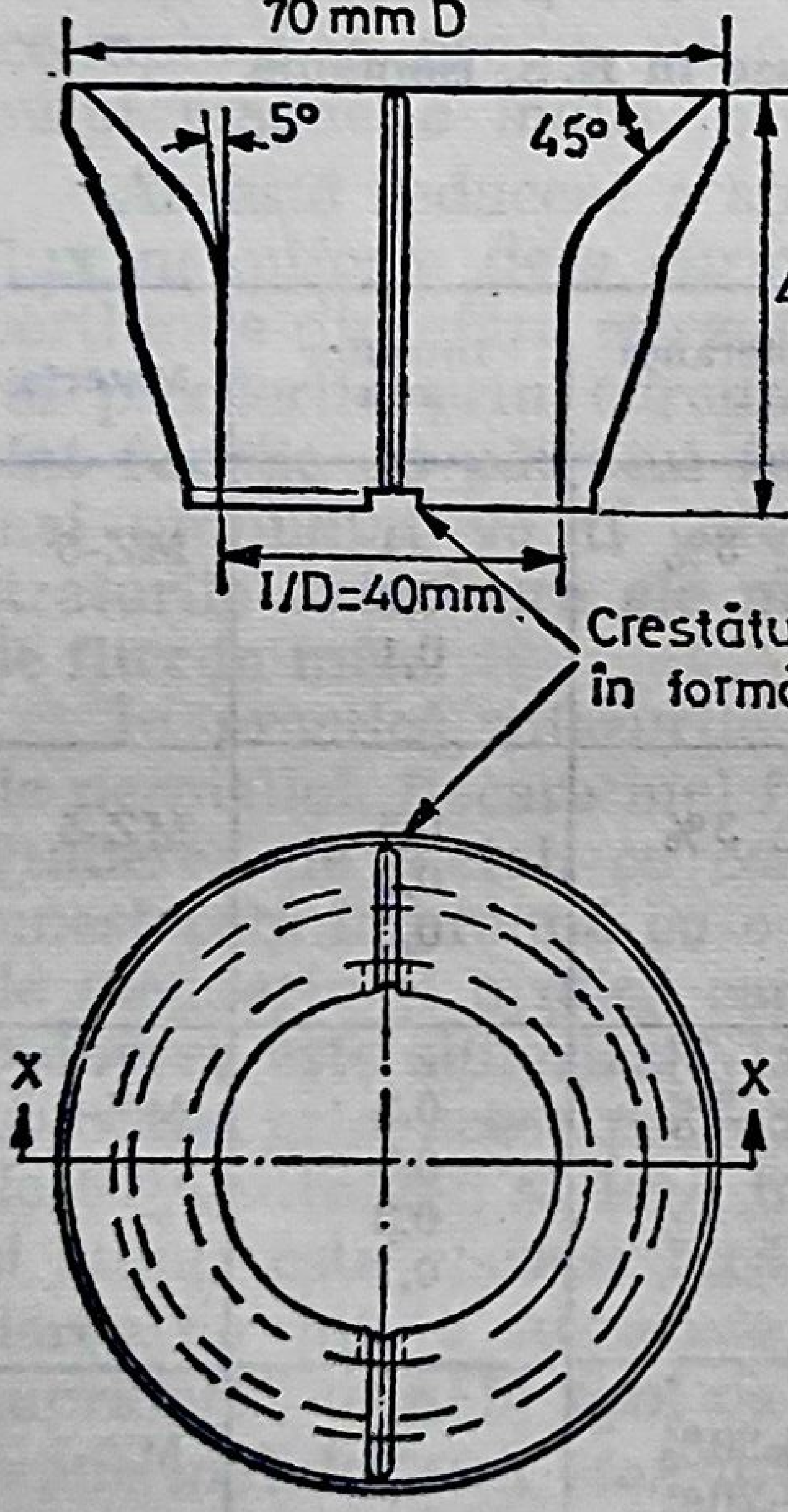


Fig. 5.14. Miez inelar crestat.

Bobine rotative

Deci în cazul sistemelor de afișare cu indicatori de poziție plană spotul este deviat, de la centrul tubului cu ajutorul unei baze de timp radială și în acest fel fascicolul de electroni este baleat pe întreg planul cu un unghi de 360°C. Această rotire a spotului de electroni trebuie să fie sincronizată cu rotirea antenei radarului şi aceasta se poate realiza fie prin folosirea unei bobine de deflexie fixă descrisă anterior, fie prin utilizarea unei bobine rotative sincrone, comandate mecanic şi menţinută sincronă cu rotirea antenei prin folosirea unui mecanism de servocomandă. Cel mai simplu tip de sistem de afişare cu bobină fixă funcţionează prin interceptarea curentului şi descompunerea lui în patru componente cu ajutorul unui separator cu servomotor ce se roteşte cu viteza antenei. Aceste patru componente sînt trimise apoi prin spirele celor 4 bobine de deflexie din jurul tubului.

Acest separator cu servomotor recepţionează pe rotorul său un semnal în formă de dinţi de fierăstrău, cu o frecvenţă constantă, în timp ce statorul său constă din 2 bobinaje cu prize mediane montate perpendicular una faţă de cealaltă, obţinînd astfel efectul a 4 bobine cu axele după cele 4 puncte cardinale ale compasului. Curenţii induşi în aceste bobine depind de poziţia rotorului şi atunci cînd rotorul este rotit cu viteza antenei forma de undă a acestor curenţi va corespunde cu forma de undă originală multiplicată de sinus, cosinus, sin — şi cos — de către goniometrul antenei.

Deci forma de undă a curentului ce străbate oricare din bobinele de deflexie este în formă de dinţi de fierăstrău modulat sinusoidal la viteza de rotire a antenei, cu unghiuri de fază de 0°, 90°, 180°, 270° pentru cele 4 bobine. Efectul combinat al celor 4 bobine este un fascicol de electroni de viteză constantă care se roteşte cu o aceeaşi viteză ca şi separatorul cu servomotor.

Se poate observa că în orice moment mărimea şi direcţia cîmpului magnetic produs de cele 4 bobine în tubul catodic se află într-o relaţie de legătură directă cu cîmpul creat în separator de curentul ce trece prin rotorul său, iar spotul poate fi privit ca un indicator al separatorului. Curenţii în formă de dinţi de fierăstrău nu trebuie să treacă prin separator ci pot fi generaţi de două baze de timp independente controlate de ieşirile separatorului. Formele de unde ale curentului prin bobinele de deflexie sînt oricum exact aceleaşi ca din sistemul descris mai sus.

În orice sistem de afişare cu indicarea poziţiei în plan, în care conturul se realizează prin baleierea spotului radial de-a curmezişul ecranului tubului cu o viteză constantă şi într-un sistem ce foloseşte o singură bobină, spotul se obţine prin variaţia crescătoare lineară a curentului prin bobină pe durata baleierii.

Faţă de sistemul de bobină fixă descris mai sus, rotirea spotului cu care se realizează a baleiere de 360° a planului de coordonate poate fi obţinut prin rotirea unei bobine în jurul gîtului tubului, în acelaşi timp cu mişcarea circulară a capului sesizor a radarului. Cum metoda rotirii bobinei este pur mecanică, o serie de detalii sînt prezentate mai jos.

Proiectarea mecanismului de rotire trebuie să ţină cont de următoarele consideraţii:

a) Este necesară o comandă cu un cuplu constant;

b) Este necesară o construcţie compactă care să poată încape în gîtul tubului;

c) Trebuie folosită acolo unde este posibil utilizarea de materiale nemagnetice cu care să se evite cîmpurile magnetice permanente de dispersie ce ar putea influenţa spotul de electroni;

d) Semnalele mecanismului de rotire sînt aplicate prin intermediul unor inele colectoare care trebuie să prezinte criteriile normale de rezistenţă mică de contact (0,4 pînă la 1,2Ω) între inel şi perie precum şi o durată de viaţă mare;

e) Parametrii de proiectare ai angrenajului depind de erorile de transmisie unghiulară, de patinare, de profilul dintelui şi de asemenea de materialele utilizate ce trebuie să fie conforme cerinţelor de funcţionare ale servoangrenajelor;

f) Ecranarea magnetică este necesară pentru ansamblul de inele colectoare şi cel al angrenajelor finale de comandă şi este încorporată pentru a se evita o interferenţă magnetică între această unitate şi fascicolul de electroni.

Construcţia bobinei rotative

Deşi există o serie de variante constructive, exemplul următor folosit recent de un sistem de afişare al radarului pentru marină, serveşte pentru a ilustra o serie din parametrii principali de proiectare ai acestor unităţi.

Miezul este din ferită şi foloseşte principiul miezului crestat descris mai înainte. Atît miezul cît şi înfăşurările bobinei au conturul cu unghiuri mari pentru a fi conforme celor ale tubului TV.

Această construcţie conică permite ca ansamblul bobinei să fie poziţionat în faţa sistemului trenului de electroni şi produce o deflexie a centrului fascicolului, care permite ca fascicolul să baleieze un unghi de 110°.

Bobina e realizată din 30 spire din sîrmă emailată care fiind încălzită se înmoaie şi se produce lipirea sîrmelor; La răcire, forma bobinei este menţinută la contururile dorite. În consecinţă, ambele seturi de bobină se află înăuntrul fiecărei jumătăţi ale ansamblului miezului crestat după care totul este lipit împreună. Miezul de ferită este plasat într-un înveliş nemagnetic şi apoi întregul ansamblu este încapsulat într-o răşină pentru a se obţine o structură rigidă, avîndu-se grijă să se lase o deschizătură corespunzătoare diametrului de 35 mm al gîtului tubului (fig. 5.15).

Lagărele care susţin ansamblul miezului pot fi construite din 3 discuri nemetalice care glisează pe o cale de ghidare în formă de V, situată alături de angrenajul final de comandă.

Rulmenţii cu role (fig. 5.16) pot fi realizaţi din şiruri de role de bronz fosforos ce se rotesc în căi de bronz-aluminiu. Inelele colectoare pot fi făcute din cupru, acoperit cu Ag, sau din inele plate bimetalice Cu-Ag ambele soluţii constructive folosind perii din grafit argintat. Antena şi bobina trebuie să se rotească sincron cu 30 rot/min. Un dispozitiv de servocomandă al acestei mişcări e prezentat în fig. 5.17. Pentru aplicaţii în marină, sistemul de afişare necesită şi dispune de un marcher indicator de poziţie ce coincide cu direcţia de înaintare a vasului. De obicei se foloseşte acest indicator ca o linie de referinţă pentru sincronizarea rotaţiei bobinei cu cea a capului sistemului de afişare.

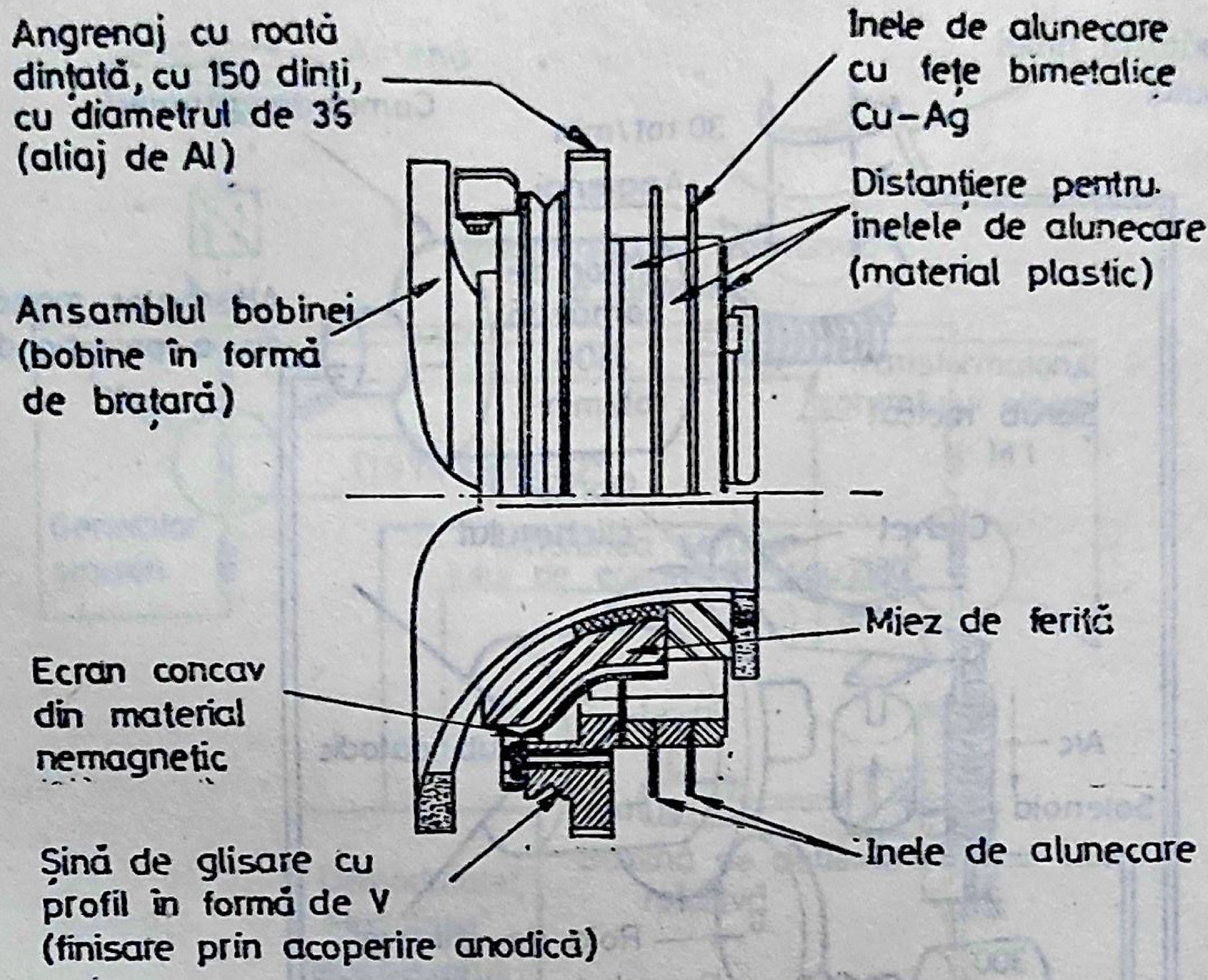

Angrenaj cu roată dinţată, cu 150 dinţi, cu diametrul de 35 (aliaj de Al)
Inele de alunecare cu feţe bimetalice Cu–Ag
Distanţiere pentru inelele de alunecare (material plastic)
Ansamblul bobinei (bobine în formă de brăţară)
Miez de ferită
Ecran concav din material nemagnetic
Inele de alunecare
Şină de glisare cu profil în formă de V (finisare prin acoperire anodică)

Fig. 5.15. Bobină de deflexie rotativă.

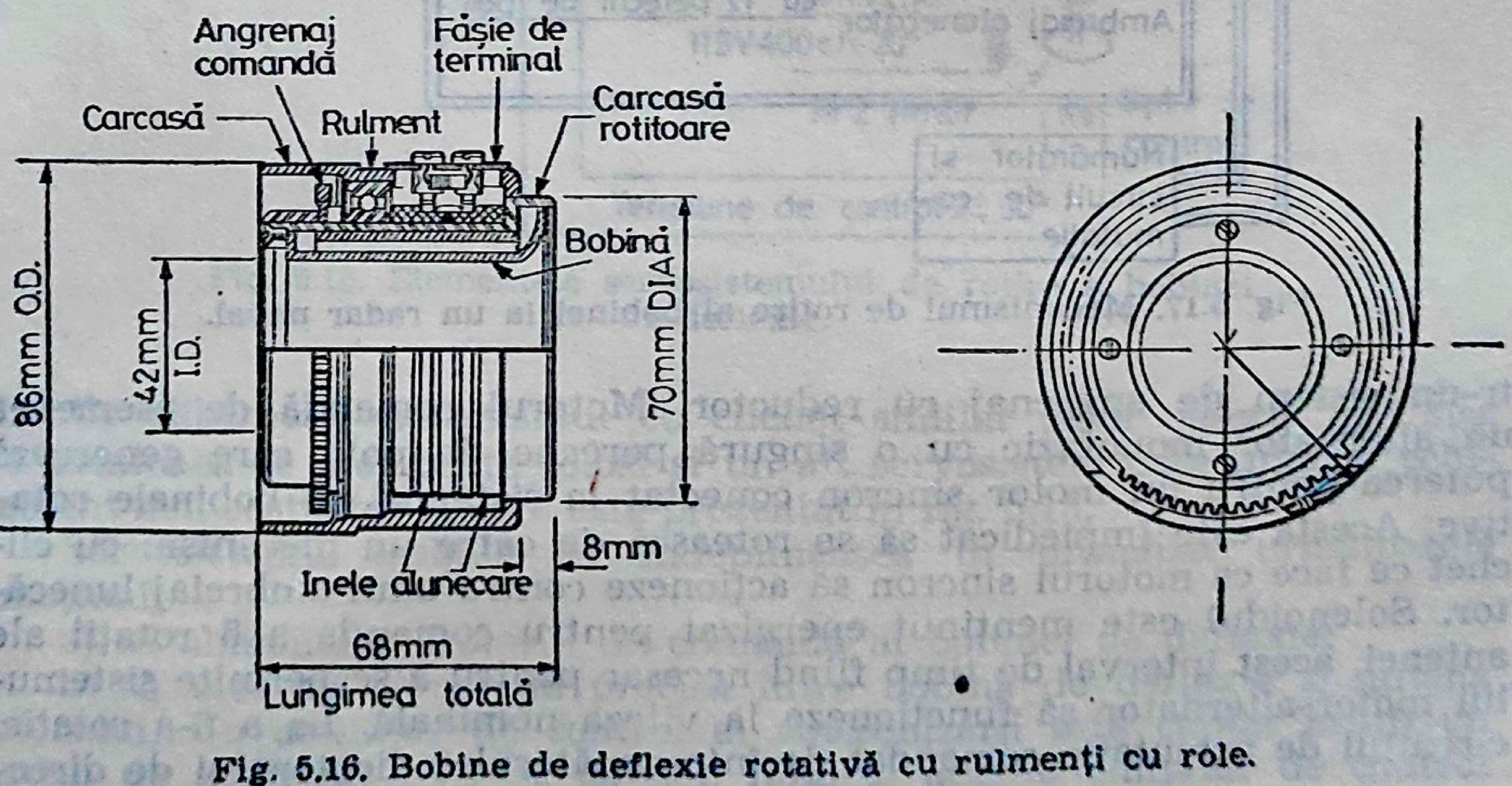

Angrenaj comandă
Făşie de terminal
Carcasă
Rulment
Carcasă rotitoare
Bobină
86mm O.D.
42mm I.D.
70mm DIA
8mm
Inele alunecare
68mm
Lungimea totală

Fig. 5.16. Bobine de deflexie rotativă cu rulmenţi cu role.

Mecanismul prezentat în figura 5.17 acționează în următoarea secvență.

Cînd sistemul este pus în funcțiune, solenoidul este alimentat și se atrage clichetul. Motorul antenei poate atinge atunci viteza sa nominală și antena începe să se rotească cu 30 rot/min. comandată de motor printr-un sistem de angrenaj cu reductor. Motorul comandă de asemenea un alternator monofazic cu o singură pereche de poli, care generează puterea pentru un motor sincron conectat la sistemul cu bobinele rotative. Acesta este împiedicat să se rotească de către un mecanism cu clichet ce face ca motorul sincron să acționeze contra unui ambreiaj lunecător. Solenoidul este menținut energizat pentru comanda a 5 rotații ale antenei, acest interval de timp fiind necesar pentru a se permite sistemului motor-alternator să funcționeze la viteza nominală. La a 6-a rotație, circuitul de comutație comandat de întrerupătorul indicatorului de direc-

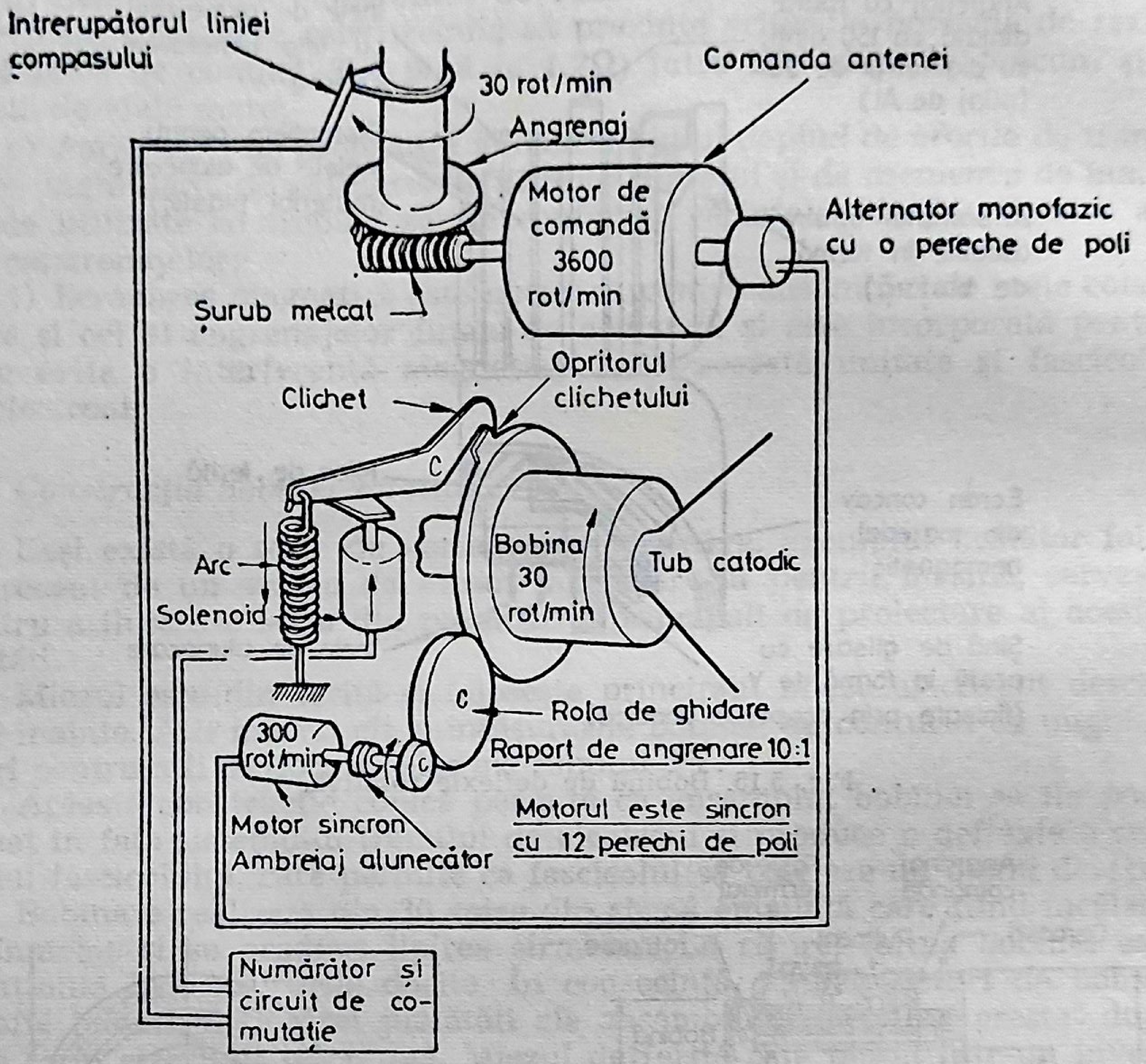

Intrerupătorul liniei compasului
30 rot/min
Comanda antenei
Angrenaj
Motor de comandă 3600 rot/min
Alternator monofazic cu o pereche de poli
Șurub melcat
Opritorul clichetului
Clichet
C
Arc
Solenoid
Bobina 30 rot/min
Tub catodic
C
Rola de ghidare
Raport de angrenare 10:1
300 rot/min
C
Motor sincron
Ambreiaj alunecător
Motorul este sincron cu 12 perechi de poli
Numărător și circuit de comutație

Fig. 5.17. Mecanismul de rotire al bobinei la un radar naval.

ţie al vasului eliberează clichetul permiţînd astfel antenei să se rotească sincron cu bobina rotativă.

Sisteme de sincronizare similare pot fi întîlnite în practică ca de exemplu: cel sincron cu două faze care atunci cînd e pus în acţiune, menţine motorul în stare blocată pînă cînd întrerupătorul indicatorului de direcţie eliberează mecanismul cu clichet similar celui descris mai sus. De asemenea se mai poate folosi şi un alt servosistem care implică echipament mai costisitor şi care este prezentat în fig. 5.18.

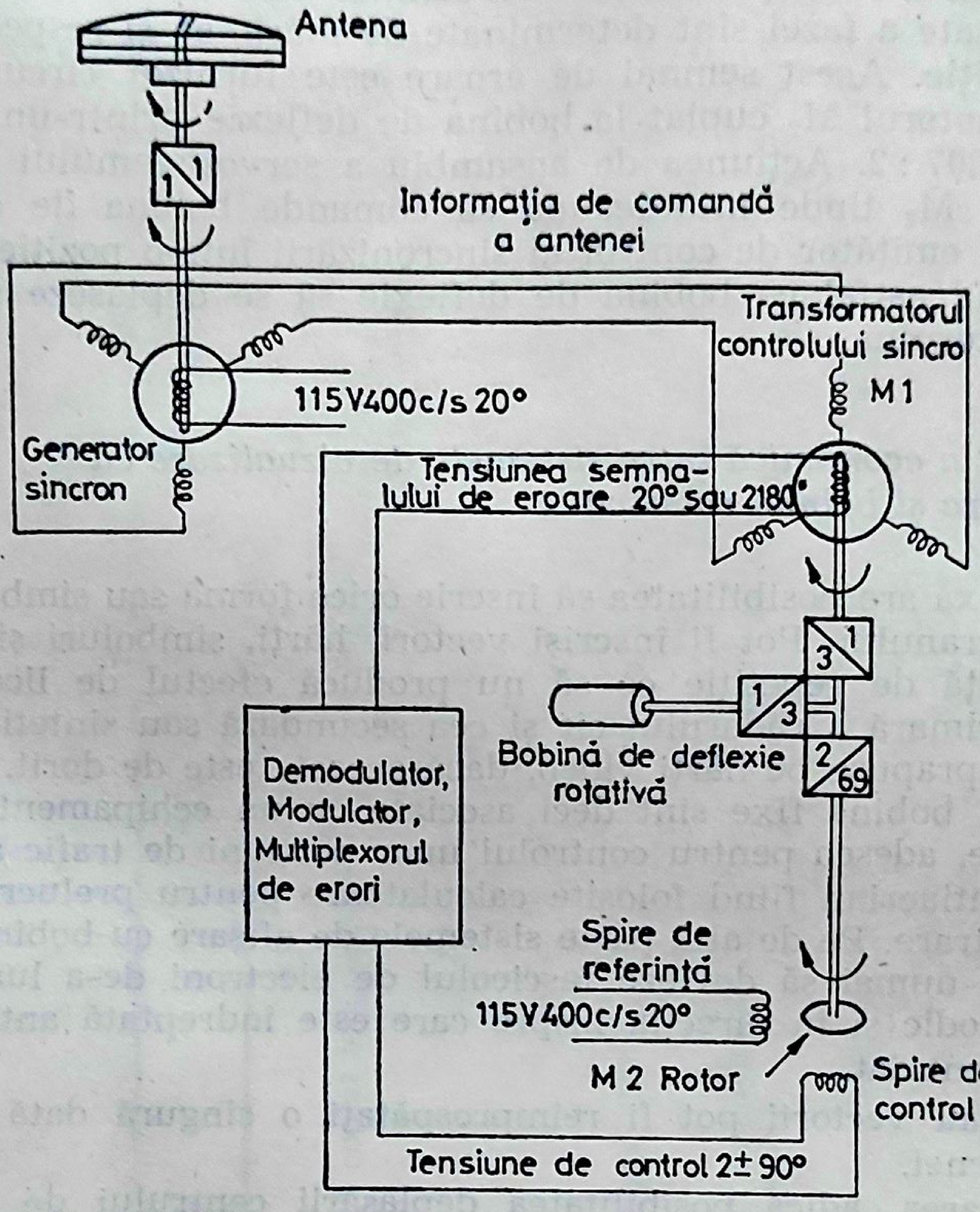

Antena
1
1
Informaţia de comandă a antenei
Transformatorul controlului sincro
M 1
115V400c/s 20°
Generator sincron
Tensiunea semnalului de eroare 20° sau 2180°
1
3
1
3
Bobină de deflexie rotativă
2
69
Demodulator, Modulator, Multiplexorul de erori
Spire de referinţă
115V400c/s 20°
M 2 Rotor
Spire de control
Tensiune de control 2± 90°

Fig. 5.18. Elementele servosistemului de rotire a bobinei de deflexie.

Servosistemul trebuie să îndeplinească în principal următoarele funcţiuni:

a) să alimenteze motorul de comandă al bobinei de deflexie;

b) să menţină o poziţie precisă între bobina de deflexie şi antena rotorului. Un emiţător de control al sincronizării este cuplat printr-un sistem de ambreiaj 1 : 1 cu antena. Rotorul acestui emiţător de control al sincronizării este alimentat cu 115 V, 400 Hz şi din înfăşurările statornice se obţin trei tensiuni de 400 Hz care reprezintă informaţiile asupra poziţiei antenei. Această tensiune este în fază sau în antifază cu tensiunea principală de 400 Hz, funcţie de faptul dacă poziţia antenei devansează sau rămîne în urma bobinei de deflexie. Tensiunea de 400 Hz obţinută de la rotorul lui M_1 constituie un semnal de eroare a cărui amplitudine şi polaritate a fazei sînt determinate de mărimea şi respectiv sensul erorii de poziţie. Acest semnal de eroare este furnizat circuitelor care controlează motorul M_2 cuplat la bobina de deflexie printr-un sistem de ambreiaj de 207 : 2. Acţiunea de ansamblu a servosistemului este astfel încît motorul M_2 tinde întotdeauna să comande bobina de deflexie şi amplificatorul emiţător de control al sincronizării într-o poziţie de eroare nulă, asigurînd astfel ca bobina de deflexie să se deplaseze sincronizat cu antena rotorului.

Comparaţia economică între sistemele de vizualizare cu bobine fixe şi bobine rotative

Bobina fixă are posibilitatea să înscrie orice formă sau simbol pe orice porţiune a ecranului. Pot fi înscrişi vectori, hărţi, simboluri şi caractere cu o frecvenţă de repetiţie ce să nu producă efectul de licărire. Atît informaţia primară a radarului cît şi cea secundară sau sintetică a acestuia pot fi suprapuse pe hărţi video, dacă aceasta este de dorit. Sistemele de afişare cu bobine fixe sînt deci asociate cu un echipament sofisticat de vizualizare, adesea pentru controlul unor porţiuni de trafic aerian sau de control antiaerian fiind folosite calculatoare pentru prelucrarea semnalelor de intrare. Pe de altă parte sistemele de afişare cu bobine rotative sînt capabile numai să devieze fascicolul de electroni de-a lungul razei unui tub catodic şi în direcţia înspre care este îndreptată antena la un anumit moment dat.

Liniile sau vectorii pot fi reîmprospătaţi o singură dată pentru o rotaţie a antenei.

Descentrarea, adică posibilitatea deplasării centrului de rotaţie al spotului către o parte a ecranului sau chiar către un punct imaginar, din afara ecranului propriu-zis este o posibilitate practică doar pentru sistemele de afişare cu bobină fixă. Sistemele cu bobine metalice sînt capabile să realizeze numai o descentrare foarte limitată, cu aproximativ jumătatea unei raze, folosind pentru aceasta o bobină fixă suplimentară sau magneţi suplimentari. Posibilitatea de acţiune limitată a sistemului cu bobine rotative îl face mai ieftin în ciuda servomecanismelor electromecanice adiţionale, folosite pentru menţinerea sincronismului între antenă şi bobină. O analiză de costuri comparative în preţuri unitare serveşte pentru evidenţierea diferenţierilor economice. Au fost omise elemente constructive comune, ca de exemplu tubul catodic.

Tabela 5.3

Bobină rotativă	Cost relativ	Bobină fixă	Cost relativ
La antenă			
1. Alternator cu 2 poli de 15 VA cuplat la motor de antrenare a antenei	9	1. Separator, cuplat la antenă printr-un sistem de angrenare alunecător, cu raportul 1 : 1	50
2. Întrerupătorul liniei-compas	2		
La dispozitivul de afişare			
1. Motor sincron	6	1. Bobină fixă dublă cu facilități de corecții a tubului catodic	70
2. Dispozitiv de angrenare, raportul 120 : 1	13	2. Generator de comandă al separatorului pentru 400÷1 000 Hz, amplitudinea stabilizată la variații de 0,1%	70
3. Bobină montată pe un sistem cu rulmenți cu diametru mare şi cu şine de glisare	25	3. Demodulatoare	120
4. Sistem de aliniere cu clichet	10	4. Două generatoare de bază de timp identice	80
5. Generator de bază de timp cu modificarea domeniului de frecvență	20	5. Două circuite de variație a domeniilor de frecvențe	90
6. Amplificator final de deflexie	65	6. Două amplificatoare finale în push-pull pentru deflexie	320
	150		800

Din această analiză comparativă reiese că sistemele de afișare cu bobină fixă sînt aproximativ de 5—6 ori mai scumpe decît sistemele cu bobine rotative și chiar dacă prețurile anterioare pot să descrească datorită micșorării prețului unora din componentele de circuit microminiaturizate, sistemele de afișare cu bobine rotative vor fi mult mai scump de confecționat. Trebuie de asemenea amintit că sistemele de afișare cu bobine rotative sînt adesea produse în cantități de serie mare, un radar pentru marină de exemplu, inclusiv antena, comanda antenei, ansamblul de conversie de putere ca și receptorul și emițătorul fiind disponibil la un preț de vînzare de maxim 1 000 de lire.

Cum un sistem de afișare cu bobină rotativă nu permite o reînscriere, cazul de exemplu prezentării pe ecran a simbolurilor sintetice, problemele de înregistrare apar numai în legătură cu inelele de calibrare, care sînt marchere a intervalului de timp produși prin eliminarea impreciziei de rezoluție. Deci orice imprecizie sau neliniaritate a rezoluției se aplică de asemenea la nivelul inelelor de calibrare și deci se autoelimină.

Deci în sistemele de afișare de acest tip este permis un grad relativ înalt de neliniaritate.

Distorsiunile spotului

Fenomenele de încovoiere și împachetare a liniilor

În acest capitol sînt discutate două tipuri de distorsiuni ale spotului, amîndouă legate de proiectarea electromecanică sau numai cea mecanică și de proiectarea bobinei de deflexie.

Fenomenul de împachetare a liniilor este provocat de un număr de factori incluzînd înfășurările nesimetrice ale bobinei de deflexie, ecranarea asimetrică în jurul bobinei ca și efectele de histerezis și de curenți turbionari atît la sistemul bobinei de focalizare cît și a celei de deflexie. Aceste fenomene sînt discutate mai tîrziu. Încovoierea liniilor este în cea mai mare parte o chestiune de geometrie a miezului în special și de aceea următoarele considerații se vor concentra în jurul gradului de toleranțe ale miezului ce se pot accepta în scopul reducerii fenomenului de distorsionare a spotului.

Fenomenele de încovoiere a liniilor

Sistemele de deflexie cu bobină fixă au două perechi separate de înfășurări dispuse la 90° una față de alta, în jurul miezului. O pereche de înfășurări realizează deflexia după axa X, cealaltă după axa Y. Axele bobinei sînt definite de localizarea spotului cînd acesta este deviat numai de o pereche de înfășurări. Punctele cardinale sînt la capetele axelor astfel definite. Un sistem de deflexie perfect produce axe drepte și perpendiculare numite axe adevărate. Fenomenul de încovoiere este o măsură a devierii bobinei respective față de una perfectă, și este definit ca unghiul dintre axa adevărată și linia care unește punctul cardinal cu originea. Încovoierea liniilor pentru cele patru puncte cardinale este arătată în fig. 5.19 drept α_1, α_2, α_3, α_4.

Sistemele de afișare de înaltă calitate permit un grad de deviere a liniei de 0,75°, pentru fiecare din cele patru puncte cardinale. Valori ce vor varia mai mult față de această specificație necesită a fi investigate folosind un dispozitiv de testare și o scală avînd înscrise graticulații în mm. Cum un asemenea dispozitiv de testare este supus și el erorilor, orice factor care contează pentru fenomenul de încovoiere a liniilor, trebuie de asemenea luat în considerare pentru o posibilă nealiniere a acestui dispozitiv. Factorii care pot contribui la fenomenul de încovoiere a liniilor sînt:

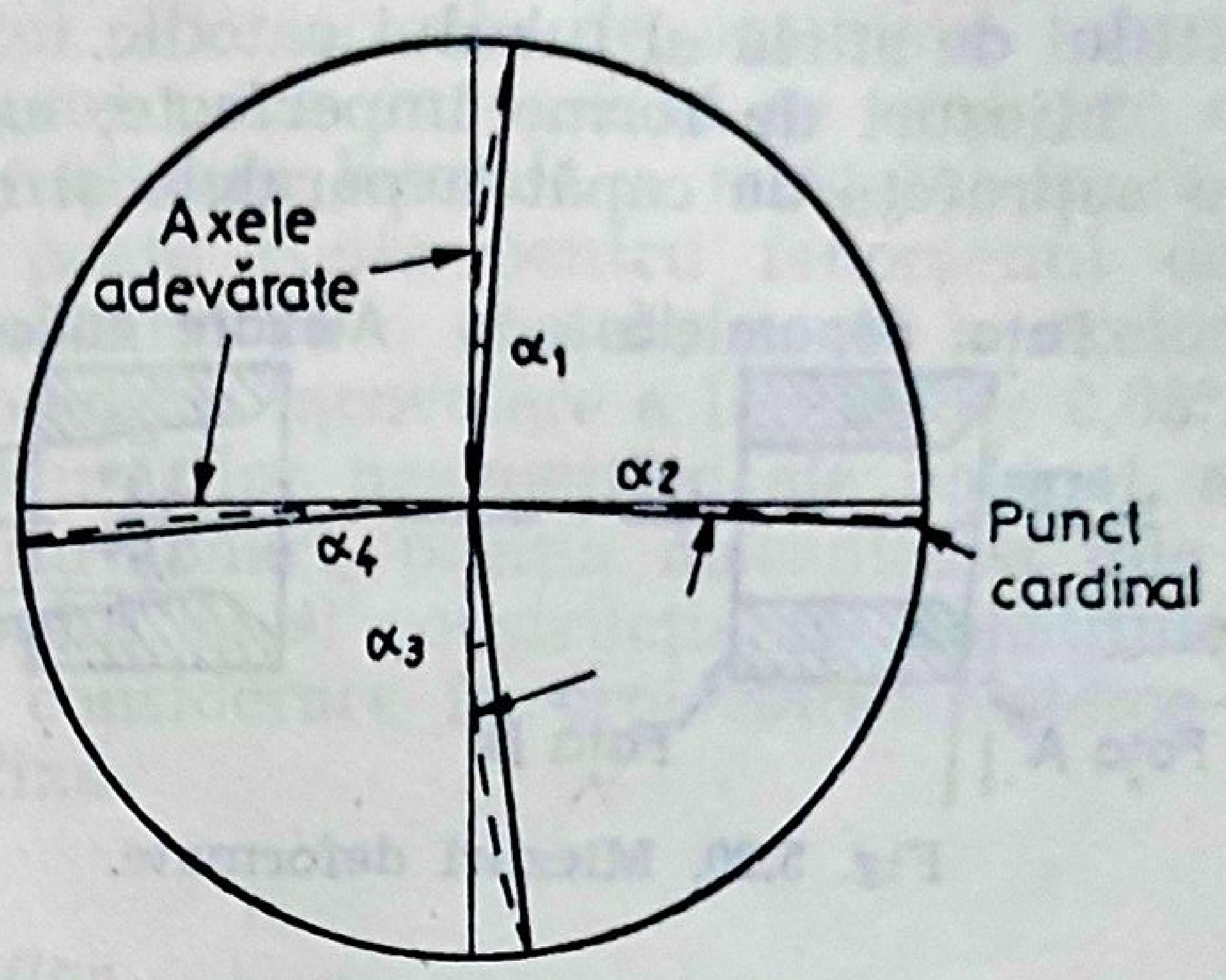


Fig. 5.19. Deformarea liniei la cele 4 puncte cardinale.

În dispozitivul de testare:

a) alinierea tunului de electroni în gîtul tubului;
b) rigidizarea feței tubului cu gîtul tubului;
c) alinierea tubului în carcasa turnată a dispozitivului;
d) alinierea scalei gradate în carcasa turnată a dispozitivului;
e) poziția laterală a bobinei pe gîtul tubului;
f) alinierea unghiulară a axelor bobinei și a gîtului tubului;
g) poziția de rotație a bobinei în jurul tubului.

În bobină:

h) gradul de paralelism ale fețelor miezului;
i) gradul de alezare al pieselor polare de capăt ale miezului;
j) asimetria materialului miezului;
h) asimetria înfășurării bobinei;
l) efectul spirelor de capăt ale bobinei.

Discuțiile ce vor urma se referă numai la acești factori de care depinde construirea bobinei de deflexie și stabilirea poziției sale relative față de gîtul tubului. Oricum, ar trebui accentuat faptul că dacă ansamblul tunului de electroni în gîtul tubului este nealiniat atunci numai din acest motiv poate exista o cauză aparentă de încovoiere a liniilor. Aceasta se datorează faptului că fascicolul de electroni ce va trece prin cîmpul magnetic ar putea fi deviat față de axa longitudinală a bobinei. Liniile de flux nu sînt deci perpendiculare pe axa fluxului de electroni, cum ar trebui să fie în mod ideal și deci atunci poate apare încovoierea liniilor. Este dificil să se atribuie acestei cauze o anumită valoare α dar aproximativ 0,15° din fenomenul de încovoiere a liniilor la punctele cardinale pot fi atribuite nealinierii tunului de electroni în interiorul gîtului de sticlă al tubului catodic.

Miezuri de forme imperfecte, exemplu cele care au fost prelucrate cu suprafețe de capăt neparalele și cele cu alezări înclinate pot să contribuie în mod substanțial la încovoierea liniei. Deci conform cu fig. 5.20 o eroare unghiulară de 1,8°, în planul feței A, provoacă o încovoiere a liniilor aproximativ de 0,3°.

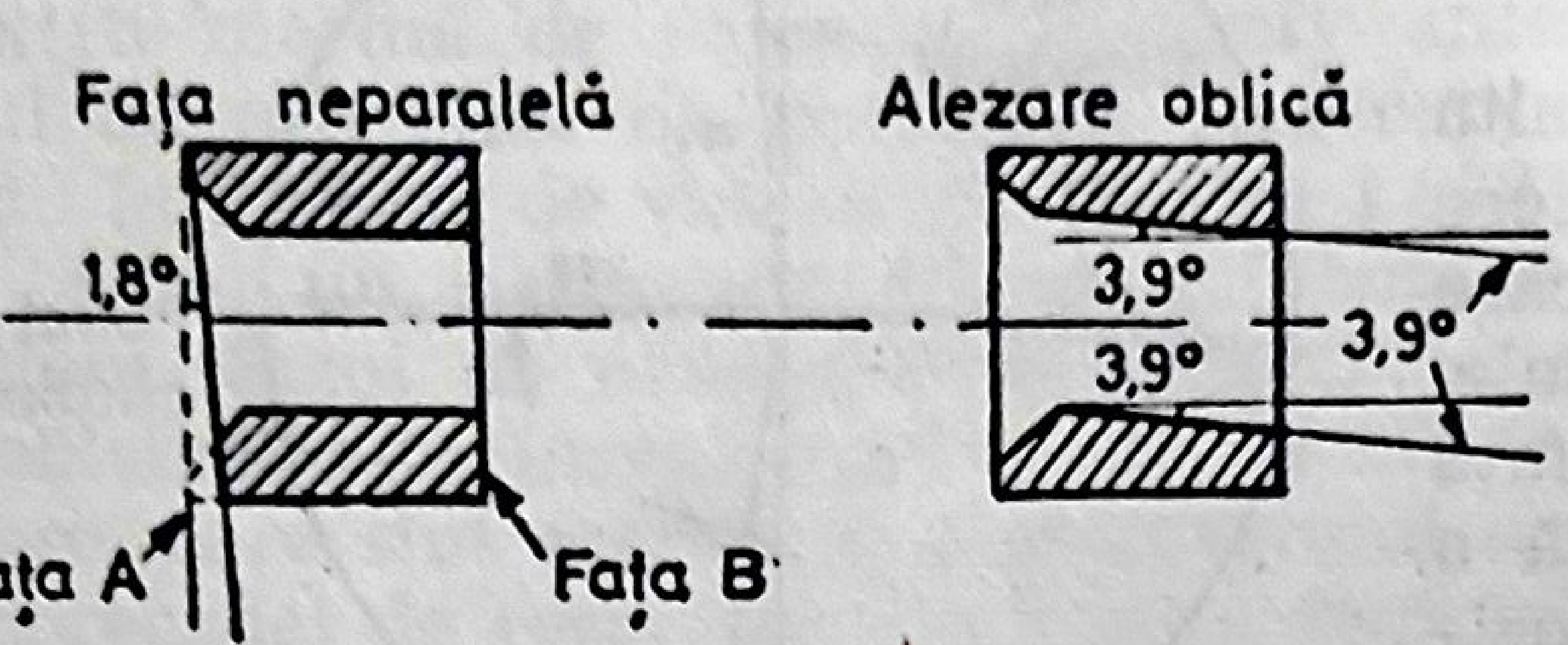


Fig. 5.20. Miezuri deformate.

O eroare unghiulară de 3,4° în direcția de alezare provoacă un fenomen de încovoiere al liniilor de 0,6°. Dacă pe fața A, avem o eroare unghiulară de 0,6° se produce o încovoiere a liniilor de 0,1°. Aceasta corespunde faptului că suprafața A este așezată între două plane perpendiculare față de suprafața de alezare distanțate cu 0,81 mm una față de alta. De asemenea, o încovoiere a liniilor de 0,1° poate să mai apară dacă direcția de alezare este nealiniată cu 0,65°. Aceasta corespunde situației cînd suprafața A este dispusă între 2 plane perpendiculare de alezare, distanțate cu 0,91 mm una față de alta.

Toleranțele recomandate pentru dimensiunile miezului

Experiențele au arătat că pentru reducerea fenomenului de încovoiere a liniilor în proporții tolerabile, se impun următoarele valori limită pentru dimensiunile miezurilor bobinelor de deflexie:

— paralelismul pieselor polare de capăt ale miezului: 0,50 mm pe fața A;

— precizia de alezare pentru piesele polare de capăt ale miezului: 0,75 mm pe fața A.

Tabela 5.4

Factor	Precizie (mm)	Gradul de curbare produs
1. Paralelismul pieselor de capăt ale miezului	±0,81 pe fața A	0,1°
2. Gradul de alezare ale pieselor de capăt ale miezului	±0,91 pe fața A	0,1°

Concentricitatea bobinei față de gîtul tubului este de asemenea un element critic de realizat și măsurătorile au arătat că o deplasare de numai patru mm, va produce o înconvoiere a liniilor de 1/2° la punctele cardinale. De aceea trebuie avută grija în menținerea concentricității diametrelor bobinei și gîtului tubului. Platformele de susținere mecanică trebuie să permită adăugarea unor pene cu care să se realizeze o aliniere corectă. În mod similar, o înclinare laterală a miezului în raport cu ansamblul gîtului tubului poate conta pentru fenomenul de încovoiere al liniilor, măsurătorile indicînd că o abatere de 0° a axelor bobinei în raport cu axa miezului produce o încovoiere a liniilor de 0,05°. Aparent deci, chiar fără efectul înfășurărilor nesimetrice ale bobinei, a ecranării asimetrice și a curenților turbionari, poziția mecanică a miezului în raport cu cea a gîtului tubului ca și construcția lui constituie elemente critice ce trebuie luate în considerare în proiectarea sistemelor de afișare cu bobină de deflexie fixă.

Fenomenul de împachetare a liniilor

Acest fenomen este efectul interacțiunii între sistemele de deflexie al liniei și a imaginei. Cînd un component al deflexiei liniare se adaugă la deflexia imaginei, rastrul rezultat poate fi afectat în două moduri. Dacă componentele liniilor sînt în aceiași relație de fază cu treptele de deflexie ale imaginei, atunci toate liniile vor fi ușor înclinate către orizontală și rastrul va avea o formă rombică. Oricum dacă componentele liniilor sînt în quadratură cu originalul, efectul care apare constă în deplasarea liniilor rastrului una către cealaltă obținînd perechi de linii.

Sistemele de afișare cu baleierea rastrului folosesc atît baleierea înainte cît și înapoi a liniilor pentru prezentarea unor date sensibile la fenomenul de împachetare a liniilor spre deosebire de cazul rastrurilor TV normale în care nu se folosește baleerea înapoi. În cele ce urmează sînt ilustrate o serie de probleme ce s-au ridicat la producerea dispozitivului de vizualizare Plessey Radar DIGITRACE (Pat. No. 167922).

Inductanța mutuală între axe

Experiențele indică că gradul de împachetare a liniilor este funcție de inductanța mutuală a bobinei și cu cît valoarea acesteia e mai mică cu atît mai puțin apare acest fenomen.

Domeniul tipic al valorilor de inductanță mutuale ce pot fi aplicate înfășurărilor bobinelor fixe de deflexie este de 0,2—0,8 μH (măsurată cu puntea de inductanță).

Printr-o ajustare atentă a înfășurărilor de capăt ale bobinei, inductanța mutuală poate fi redusă la mai puțin de o zecime față de domeniul prezentat mai sus, înaintea încapsulării bobinei. Chiar o valoare de ±0,04 μH pentru inductanța mutuală maxim admisibilă pentru bobinele încapsulate va face totuși ca acest factor să contribuie totuși la fenomenul de dublare a spotului. Au fost experimentate diferite metode de bobinare și de aici o serie de remarci interesante (fig. 5.21).

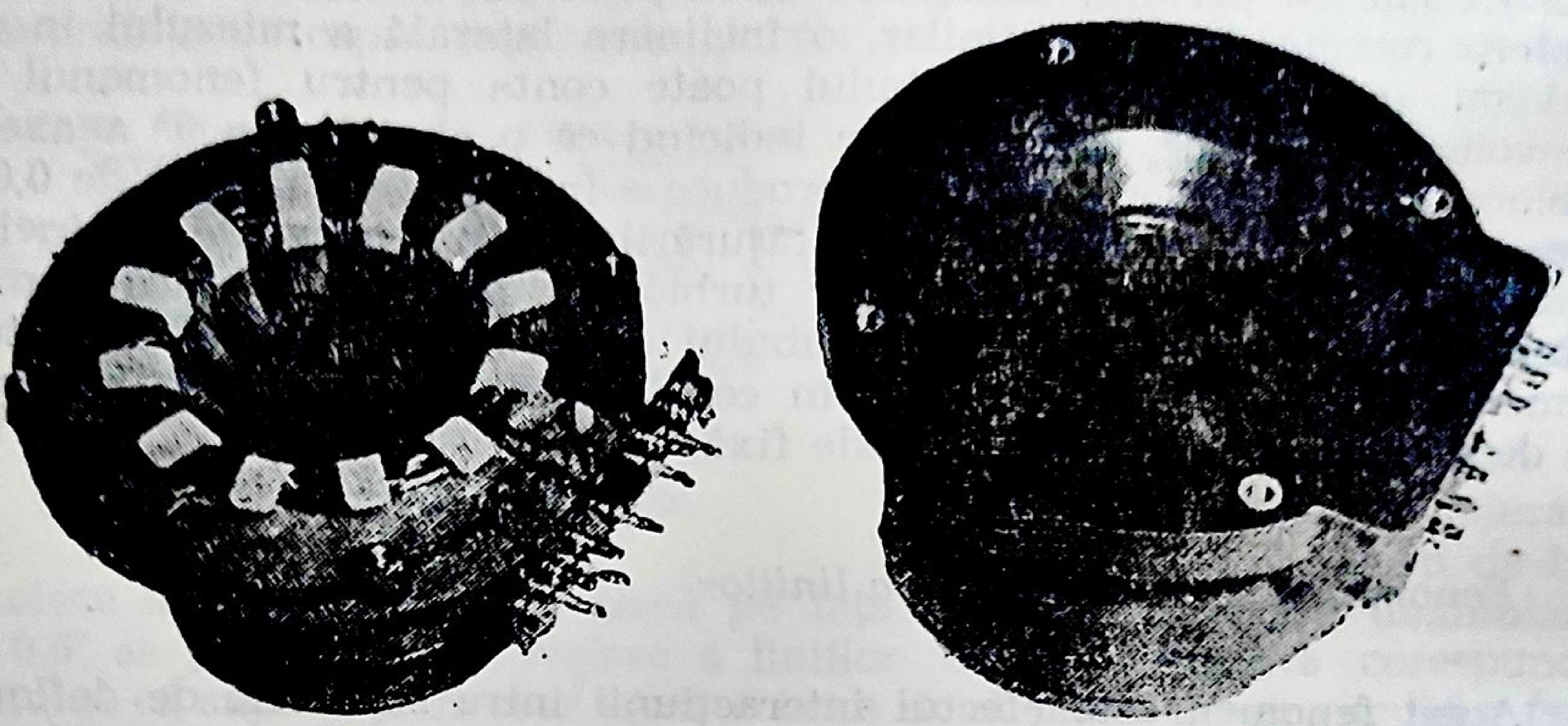


Fig. 5.21. Bobine de deflexie, înainte și după coacere.

Pentru a se evita ajustarea individuală a fiecărei bobine de deflexie pentru reducerea inductanței mutuale, o serie de bobine sînt realizate prin folosirea de diverse feluri de bobine. În acest timp pentru reducerea cuplajului operativ între axe se folosesc matrițe în bobinarea bobinelor. S-a realizat o bobină folosind diverse moduri de bobinare cu sîrmă bifilară și conductori torsadați și diverse tipuri și grosimi de garnituri între înfășurări. Nici una nu a marcat o nouă îmbunătățire față de bobina standard și mai mult s-au dovedit inferioare ca performanțe. În particular, ecranări electrostatice între înfășurări precum și folosirea conductorilor torsadați au redus frecvențele de rezonanță a bobinelor la 70% din valoarea standard. Efectul capacitiv între axe în cazul dublării de linii s-a dovedit a fi nesemnificativ, principalele frecvențe fiind numai la 10^4 Hz.

Structura tunului de electroni

Ajustările necesare pentru obținerea unei inductanțe mutuale minime descrise anterior pot să mai conducă la fenomene de împachetare a liniilor datorate bobinelor ce pot varia una față de alta.

Această împachetare reziduală a liniilor nu e distribuită uniform de-a lungul întregului rastru și poate de asemenea să difere funcție de care axă e folosită pentru deflexia liniei și care pentru deflexia imaginei. O punte de inductanță mutuală poate să nu fie specifică pentru definirea cuplajului între înfășurări și experimentele, au arătat că asemenea dublări reziduale pot fi asociate cu caracteristicile miezului de permalloy a bobinei, a cărei construcție a fost descrisă anterior. Testele rezistive ale acestor miezuri au evidențiat că dacă în interior miezul este neconductiv, suprafața exterioară este puternic conductoare. Acest strat de la suprafață este format atunci cînd izolația dintre particulele de permalloy se distruge în momentul presării miezului.

Există mai multe soluții tehnice prin care stratul exterior miezului să fie neconductor față de curenții turbionari, de exemplu sablarea cu nisip sau corodarea poate da rezultate satisfăcătoare și se elimină fenomenul împachetării reziduale a liniilor.

Tehnicile de măsurare a fenomenului de împachetare a liniilor

Măsurarea fenomenului de împachetare a liniilor este de importanță majoră fiindcă orice încercare de sesizare a sa prin observarea rastrului pe sistemul de afișare este virtual nefolositoare. Prezența oricărui grad de dublare poate fi sesizată cu ochiul liber dar nu se poate observa o mică diferență între o împachetare difuză și una distinctă. O metodă folositoare pentru a sesiza împachetarea liniilor folosește un microscop, atît microscoape normale cît și microscoape cu lentilă gradată, pentru a se determina spațiile dintre liniile de pe ecranul tubului. Se poate folosi adițional un aparat de fotografiat Polaroid pentru diverse porțiuni de pe ecranul tubului catodic. Oricum toate aceste metode sînt folosite în cazul unor fenomene de dublare distinctă, dar sînt incapabile să discearnă clar figuri geometrice în regiunea unor spații între linii de 45 : 55.

Cea mai bună metodă se bazează pe principiul că ochiul este insensibil la orice grad de împachetare. Metoda introduce o cantitate măsurabilă de împachetare însă de sens opus cu cea existentă pe ecran în scopul anulării acesteia. Aceasta se realizează în practică prin folosirea unui potențiometru calibrat prin care se variază amplitudinea treptei de baleere a imaginii peste sau sub nivelul normal.

Microscopul descris anterior poate fi folosit pentru calibrarea potențiometrului. Această metodă a potențiometrului calibrat este capabilă să obțină grade de precizie în măsurare de 5 ori mai mare decît cele obținute cu metoda microscopului și asigură înlăturarea și a altor factori ce cauzează dublarea liniilor, exemplu cea de 49 : 51 datorată bobinei. Dată fiind ușurința de măsurare, este posibilă inregistrarea fenomenului de împachetare a liniilor pentru diverse porțiuni ale rastrului în cîteva secunde fără alungirea presupusă a se produce folosind un microscop. Procedura recomandată este de a măsura împachetarea liniilor în 5 registre ale ecranului tubului (centru, stînga sus, dreapta sus, stînga jos, dreapta jos) cu deflexia liniei pe o axă şi apoi alte 5 cu deflexia liniei pe celelalte axe.

Rezumat

Următorii cinci factori care contribuie la fenomenul de împachetare a liniilor în cazul unui display cu diametrul de 400 mm (16 in) pot fi găsiţi în tabela 5.5 împreună cu scurte note asupra distribuirii acestui fenomen de-a lungul rastrului.

Tabela 5.5

Factor	Raport de împachetare	Distribuţia
a) Curenţi turbionari în tunul de electroni ai tubului catodic	46 : 60	Împachetarea liniilor variază de-a curmezişul rastrului şi de la o axă la alta
b) Inductanţa mutuală între axele bobinei	43 : 57	Împachetarea liniilor pare de-a curmezişul rastrului şi pe ambele axe
c) Curenţi turbionari la suprafaţa miezului bobinei	45 : 55	ca la a)
d) Cuplajul între capetele bobinei	45 : 55	Diferit pe cele două axe
e) Curenţi turbionari într-o porţiune din piesa turnată din spate	48 : 52	Dependent de construcţia mecanică

Împachetarea componentelor bobinei

Protecţia împotriva diferiţilor factori de mediu ca şi cererea de componente mai sigure în funcţionare a condus la accelerarea folosirii diverselor răşine pentru încapsularea acestor componente în blocuri solide de material izolant. Materialele favorite includ răşini epoxidice care au proprietăţi electrice şi mecanice excelente, dar care introduc problema controlului producţiei în special controlul necesar fenomenului de contractare în procesul de tratament termic. Problemele de precizie a dimensiunilor pot fi reduse printr-o alegere atentă a ingredientelor şi sistemelor epoxidice de rigidizare combinată cu cicluri de tratament termic controlat, care determină valori permise de contractare. Proiectarea sculelor este foarte importantă pentru obţinerea dimensiunilor finale şi a poziţionării bucşelor de fixare.

Gradientul de temperatură controlată și alegerea celor mai potriviți ingredienți sînt o chestiune de experiență practică și de înregistrarea sistematică a rezultatelor, pentru folosirea lor ca ghid pentru un control viitor. Precizia dimensiunilor este relativă față de dimensiunea întregii unități, și cifrele de mai jos reprezintă ordinul de precizie care poate fi obținut pentru componente încapsulate pe bobină:

dimensiuni mai mici de 25 mm^3 ± 0,05 mm
dimensiuni între 25 mm^3 și 76 mm^3 ± 0,13 mm
dimensiuni mai mari de 76 mm^3 ± 0,39 mm.

Mecanismul de defectare

Fenomenul de deteriorare ale încapsulanților plastici poate fi împărțit în două tipuri:

a) erori de prelucrare;

b) erori datorate caracteristicilor inerente ale încapsulanților plastici.

Erorile de prelucrare sînt datorate folosirii incorecte a încapsulanților.

În cele ce urmează se indică modul în care pot apare asemenea erori în capsulele realizate din material plastic în conformitate cu schema din fig. 5.22.

Contaminanții pot fi introduși în rășinile epoxidice în timpul procesului de prelucrare și trebuie avut grijă să ne asigurăm că nici un asemenea component contaminant nu urmează a fi încapsulat și că nici matrița folosită în procesul de prelucrare nu e contaminată.

Factorul principal care afectează adeziunea între încapsulantul plastic și dispozitivul electronic este agentul de separare folosit în formulele încapsulanților.

Asemenea agenți ca stearatul de zinc, cînd e amestecat cu rășinile epoxidice reduce semnificativ adeziunea la materiale ca Al.

Studii recente au indicat că cantități relativ mari de contaminanți ar putea fi introduse prin interfața dintre încapsulant și grafit. S-a sugerat că pătrunderea apei prin masa de încapsulant este un fenomen de semnificație minoră. În plus, rezultatele indică faptul că prezența grafitului mărește viteza de transmisie a apei în rășinile epoxidice. Acest efect se pare a fi mai puțin pregnant în cazul siliconilor, din moment ce aceștia prezintă un pregnant fenomen de transmisie a apei chiar și fără prezența grafitului în încapsulant.

S-a găsit că formarea de goluri permite o penetrare rapidă a umezelii în încapsulant. Aceste goluri se pot produce datorită gazelor introduse în timpul amestecării sau turnării rășinei. De asemenea ei mai pot fi produși de gazele volatile și umezeala din ansamblele diverselor carcase sau din matrițe.

Mulţi din încapsulanţii plastici folosiţi în prezent suferă o reacţie exotermică în timpul operaţiei de tratament termic. S-a observat că adăugarea de ingredienţi inerţi va reduce această reacţie. De exemplu temperatura maximă a unei reacţii exotermice a unei răşini epoxidice poate fi redusă de la 232°C, fără ingradient, la sub 93°C cu 50%, din volumul său ocupat de ingredienţi. Adăugarea acestor ingredienţi trebuie să mărească scurgerile electrice ale răşinii epoxidice la umidităţi mari, datorită se pare despicăturilor microscopice ce apar în urma tensionărilor induse termic la nivelul interfeţei dintre răşină şi ingredient. Deşi aceste ultime observaţii pare să contrazică avantajele folosirii ingredienţilor ar trebui precizat că principalele motive pentru care se adaugă ingredienţi sînt cele legate de obţinerea:

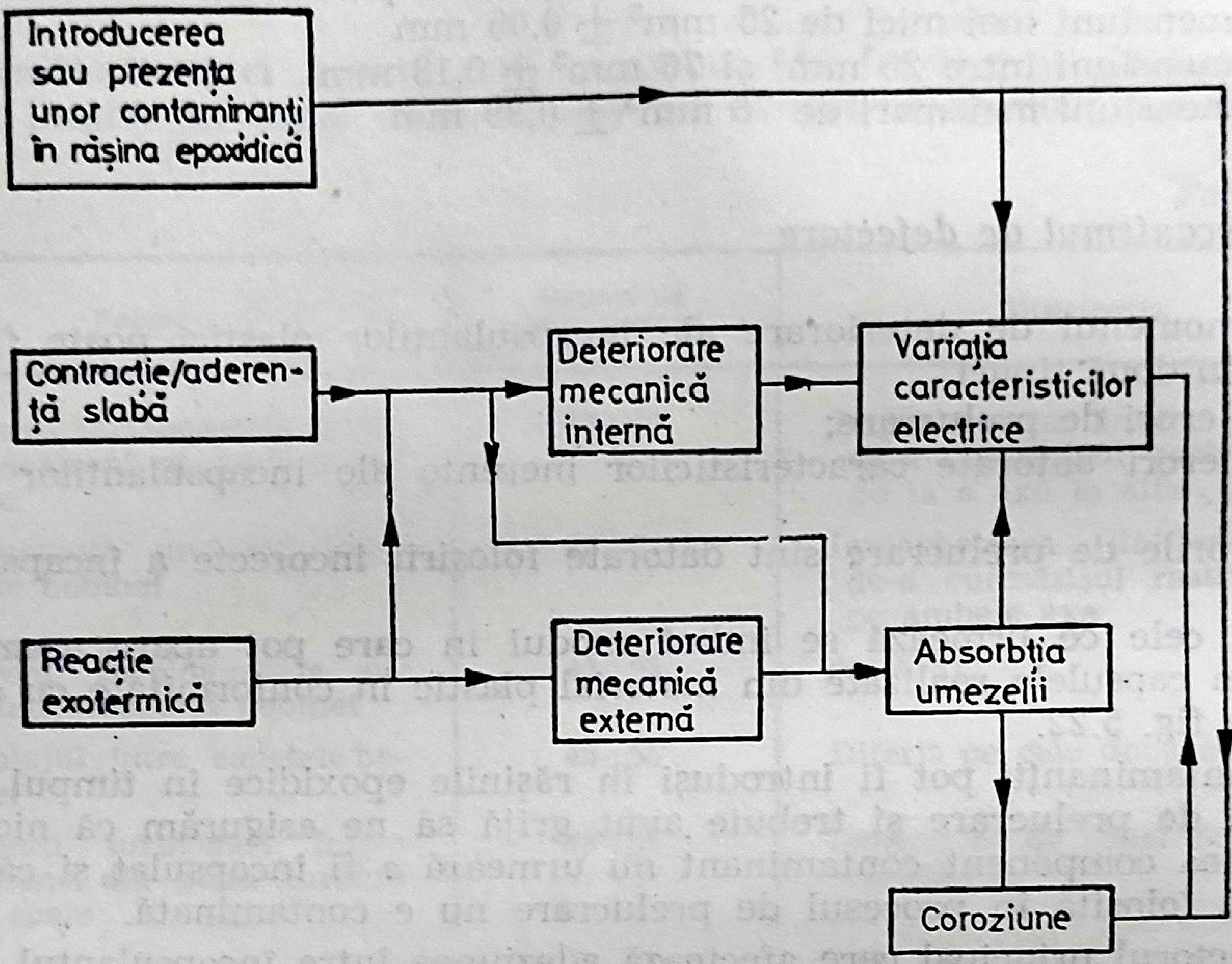

Introducerea sau prezenţa unor contaminanţi în răşina epoxidică
Contracţie/aderenţă slabă
Deteriorare mecanică internă
Variaţia caracteristicilor electrice
Reacţie exotermică
Deteriorare mecanică externă
Absorbţia umezelii
Coroziune

Fig. 5.22. Bobine încapsulate — mecanismul de defectare.

a) unei temperaturi maxime exoterme cît mai mici;

b) o potrivire mai precisă a coeficienţilor de expansiune termică a materialelor;

c) rezistenţa mărită la fenomenul de crestare, despicare a încapsulantului;

e) reducerea costurilor materialelor.

Erorile produse datorită caracteristicilor chimice ale încapsulanţilor apar datorită incompatibilităţii dintre materialele încapsulantului şi materialele componenților. Migrația erorilor în prezența unui cîmp electric aplicat, poate apare la interfața dintre joncțiunile semiconductoare și încapsulantul plastic. Această migrație poate să modifice caracteristicile dispozitivului semiconductor. În acest context, siliconii și rășinile siliconice sînt cunoscute a fi lipsite de constituanți ionici. O barieră de potențial între semiconductor și încapsulant poate numai să întîrzie și nu să reducă efectul migrației ionice. Frecvența acestei migrații ionice poate fi accelerată cînd unitatea este expusă efectelor umezelii și diferitelor gaze, căldurii sau îmbătrînirii termice.

Efectele încapsulării asupra materialului miezului magnetic

Un miez magnetic poate fi afectat în trei moduri.

Primul tip de defecțiune a miezului este în mod special legat de materialele Ni—Fe, unde caracterul magnetostrictiv al materialului produce alterări ale dimensiunilor de gabarit, cu modificări ale gradului de magnetizare. Asemenea variații sînt restrînse prin folosirea unei capsule plastice rigide. Un rezultat direct al acestei restricții este cel al creșterii valorii curentului de magnetizare sau a unei reduceri a inductanței șocului calculat pentru o anumită valoare de cc. Acest efect poate fi redus prin folosirea unor sisteme de rășine epoxidice flexibile. Diverse sisteme au folosit cu succes, ftalat de dibutyl pentru plasticizarea amestecurilor standard precum și obținerea pe cale chimică a flexibilizării rășinelor macromoleculare cu agenți de îmbătrînire și a unor agenți de modificare.

Încorporarea poliepoxizilor elifatici dau rezultate bune în reducerea efectelor magnetostrictive și alterarea permeabilității materialului miezului.

Atunci cînd se cere și rezistența la șocuri termice sau mecanice se adaugă flexibilitatea încapsulanților, deși performanțele lor la temperaturi înalte ca și proprietățile electrice sînt inferioare încapsulanților mai rigizi. În al doilea rînd este posibil ca rășina să se depună pe fețele miezului magnetic în timpul procesului de încapsulare, mai cu seamă atunci cînd se folosesc tehnici de depunere sub vid sau tehnica amestecurilor încălzite.

Pot apare modificări ale curentului de magnetizare datorită alterării întrefierului efectiv.

Reluctanța magnetică a întrefierului poate fi înrăutățită dacă dispozitivul încapsulat este ciclat termic și aceste defecte apar atît la circuitele magnetice din Fe cît și la cele din ferită.

O construcție îngrijită a miezului, care poate include și folosirea unor adezive în regiunea întrefierului înaintea turnării în creuzet este esențială. O altă metodă prin care se evită alterarea valorii întrefierului este cea prin care se încapsulează numai bobina.

Astfel se rezolvă și problema de magnetostricțiune ce constituie procedura de dorit de urmat dacă parametrii constructivi o permit.

O a treia sursă ce afectează miezul este adeziunea între miez și mediul de încapsulare. Cum coeficienții de expansiune diferă, miezul are tendința să se sfărîme, în special în cazul celor realizați din ferite sau pulbere de fier. Sistemele epoxidice flexibile sînt folosite pentru a micșora acest efect dar pentru a se înlătura adeziunea se poate un material nemagnetic ca siliciu sau gelatini. În acest sistem încălzirea în creuzet nu se poate constitui ca o structură mecanică rigidă și atunci e necesar un conteiner de diferite forme.

Dispozitivele de ferită încapsulate în soluții gelatinoase cu specificații critice ai performanțelor coeficienților termici au fost realizate în producție de serie de mulți ani. Turnarea prin injecție a componentelor miezului de ferite, a polypropilenei sau altor materiale termoplastice similare, combină proprietățile de neadeziune și durata de viață necesară. Această metodă a fost aplicată curent atît în aplicații militare cît și comerciale. Testele asupra duratei de viață arată că polypropilena este un material stabil capabil să treacă cele mai severe teste de umiditate. Nu este totodată posibil să se folosească tehnica injecției întrucît presiunile de turnare necesare au efecte neplăcute asupra materialelor miezului. Aplicarea unor tehnici de injecție cere o evaluare atentă a proiectului și este asociată în mod normal cu producția de serie unde efectele asupra miezurilor pot fi controlate.

Efectele încapsulării asupra parametrilor înfășurărilor

În cazul folosirii sistemelor rășinoase, firele subțiri pot fi deplasate datorită diverselor tensionări ce apar atunci cînd se tratează termic rășinile.

Preimpregnarea combinată cu un sistem de rășini precis determinat, împreună cu un tratament termic controlat pentru micșorarea evoluției excesive a încălzirii și contracției, rezolvă această problemă. Tehnicile de turnare prin injecție cer o proiectare precisă a sculelor și componentelor împreună cu un control adecvat al temperaturilor și presiunilor. Alt efect principal este asupra valorii Q a bobinei. Factorul de putere a unei rășini poate afecta parametrii și atunci este necesară o proiectare îngrijită.

Dependența de timp a unghiului de pierdere a multor sisteme de rășini termoplaste crește datorită faptului că tratamentul termic se continuă zile sau săptămîni după gelațiune și aceasta poate conduce la probleme de testare a producției și la probleme de acceptare din partea utilizatorilor.

Din nou o preparare cu grijă a rășinilor și o planificare a tratamentului termic inclusiv a tratamentului termic final poate micșora dificultățile menționate.

Fig. 5.23 ilustrează cum poate fi afectat factorul de putere cu timpul, prin folosirea diverselor programe de tratament termic. Constanta dielectrică a rășinii este în mod similar dependentă de procentajul de fixare moleculară a încapsulanților. Această proprietate conduce la modificări neprevăzute ale capacității bobinei, dacă tratamentul termic nu este supravegheat strict.

Este deci o înregistrare strictă a datelor referitoare la constante dielectrice pentru a se putea apoi adopta cele mai potrivite cicluri de tratament termic, funcție de diversele medii de încapsulare utilizate.

Soluții rășinoase separate pot fi folosite pentru încapsularea bobinelor de deflexie, a dispozitivului electromagnetic contra distorsiunii negative și a dispozitivelor de înaltă tensiune. De exemplu EPIKOTE 828 poate fi amestecat cu bioxid de Si folosit ca ingredient și cu o serie de amini care polimerizează rășinile epoxy la temperaturi între 60°—80°C.

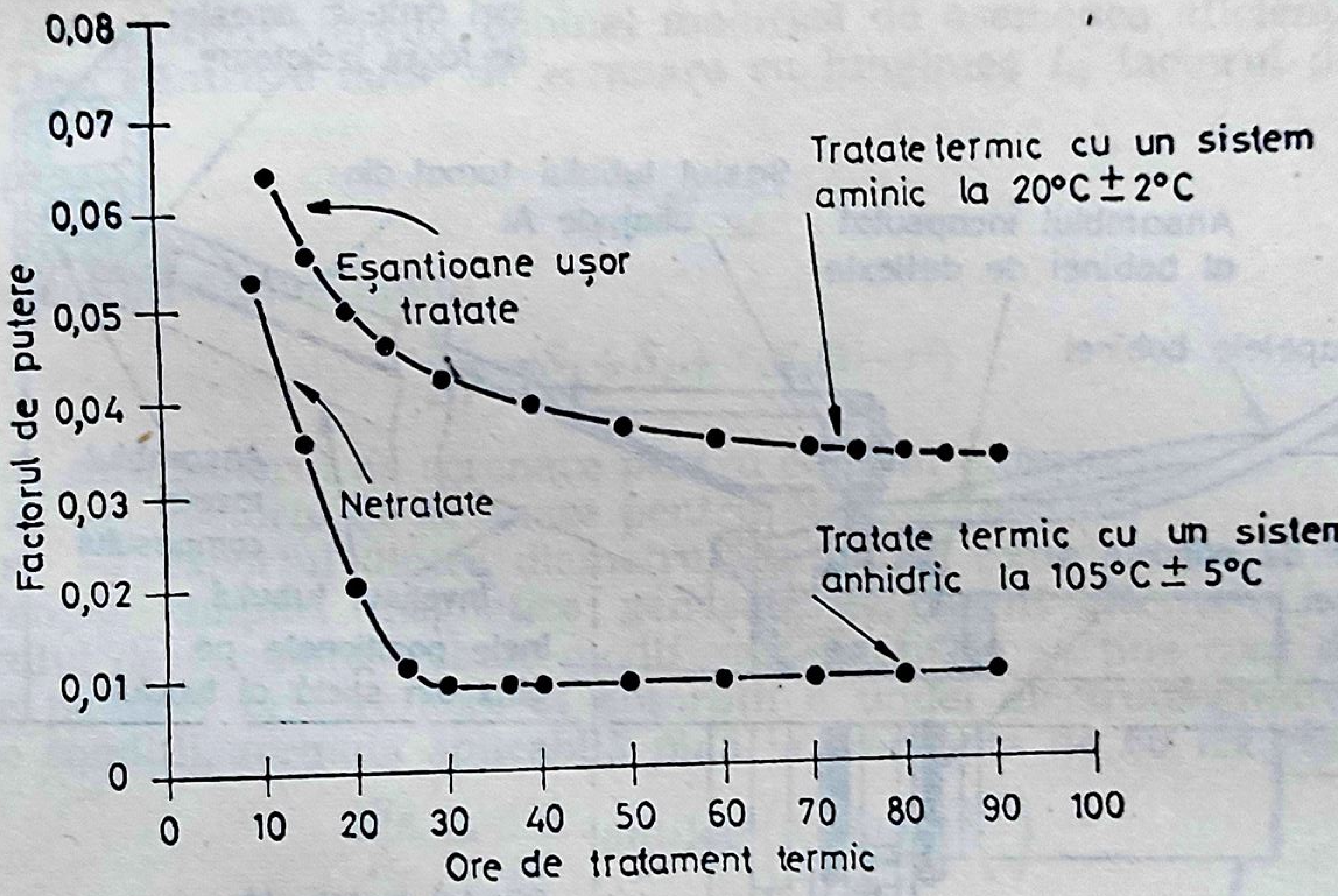


Fig. 5.23. Graficul variației factorului de putere în timpul ciclurilor de tratament termic.

Folosirea bioxidului de siliciu ca ingredient tinde să reducă reacția exotermă în timpul tratamentului termic. Un asemenea ingredient are un cost comparativ cu cel al micăi. Cantitatea de ingredient adăugată la sistemul de rășini este dat de acea cantitate care în ansamblu mai permite încă să se toarne amestecul încă lichid. În condițiile de producție de serie este de dorit folosirea unui cuzinet cu mare durată de funcționare.

Ecranarea magnetică

Legătura dintre tubul catodic și bobină fiind o interfață electronică-optică, trebuie să ne asigurăm că nici un alt cuplaj necontrolat cu fascicolul de electroni nu e posibil. Acesta cere ca nici un cîmp electrostatic sau magnetic nedorit să nu existe în imediata vecinătate a tubului. În acest scop se montează un con de protecție din miu-metal care să acopere porțiunea balonată a tubului și un cilindru de protecție tot din miu-metal care să acopere porțiunea gîtului tubului din spatele bobinei de deflexie. Conul și cilindrul sînt fixate la șasiul unității împreună cu miezul magnetic al bobinei obținînd astfel ca practic tot tubul cu excepția ecranului să fie acoperit. Cîmpurile (existente) ce pătrund prin ecran au un efect foarte mic asupra devierii spotului de electroni. Un cilindru cu dimensiunea mare, tot din Mu-metal, este astfel montat ca să înconjoare și porțiunea frontală a tubului formînd și o margine a conturului ecranului și să poată să reducă mai mult interferența spotului cu diverse cîmpuri exterioare. Mu-metal face parte din categoria de aliaj de Ni-Fe cu o mare permeabilitate, pentru cîmpuri de mică intensitate. Folosind acest material ca ecran magnetic se produce o mare atenuare pentru nivele scăzute de interfață și atunci trebuie avut grijă

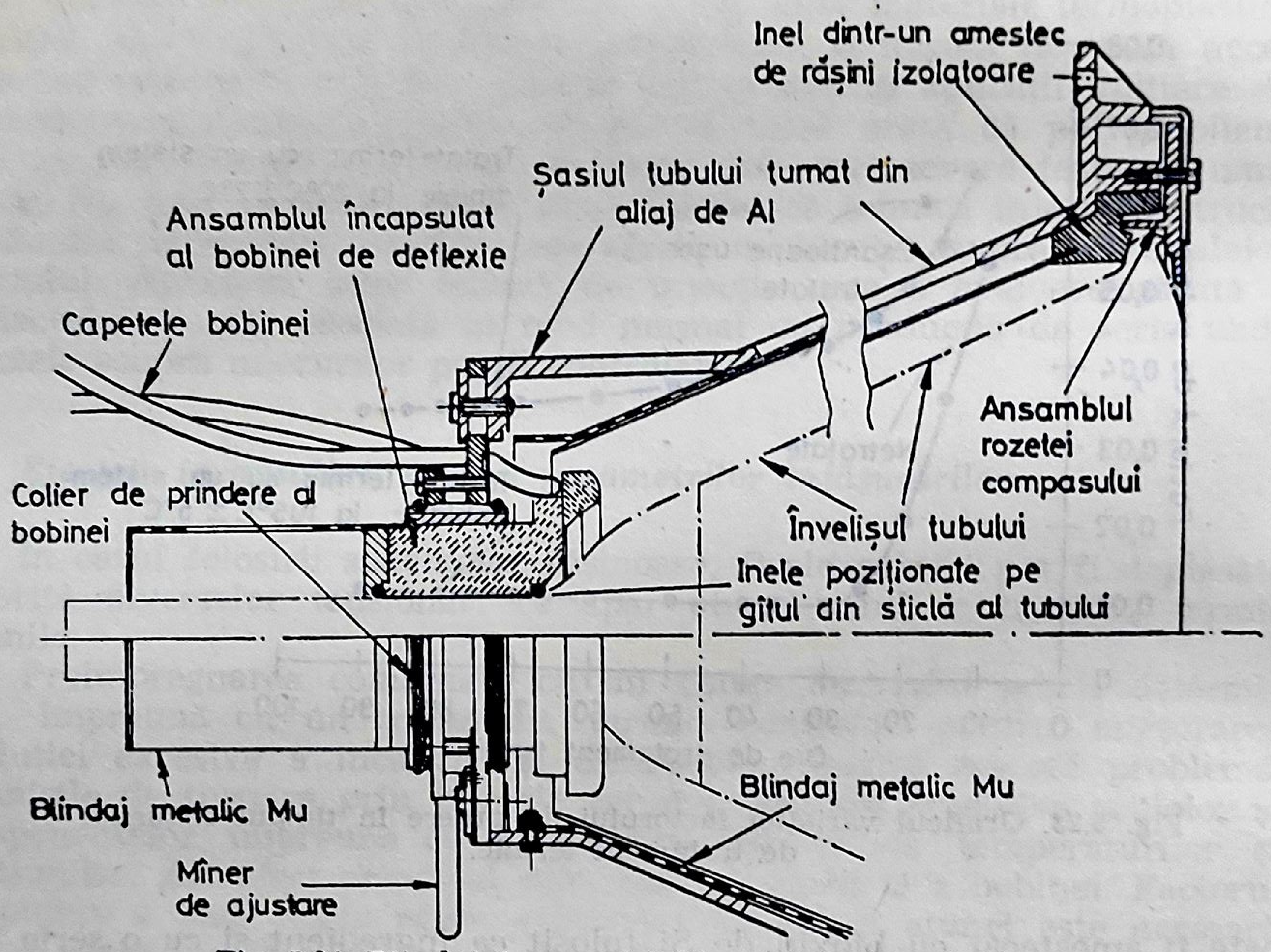

Inel dintr-un amestec
de rășini izolatoare
Șasiul tubului turnat din
aliaj de Al
Ansamblul încapsulat
al bobinei de deflexie
Capetele bobinei
Colier de prindere al
bobinei
Ansamblul
rozetei
compasului
Învelișul tubului
Inele poziționate pe
gîtul din sticlă al tubului
Blindaj metalic Mu
Blindaj metalic Mu
Mîner
de ajustare

Fig. 5.24. Blindajul cu metal Mu al tubului catodic.

ca acest ecran magnetic să nu se satureze. În acest caz în locul unui singur ecran se folosește un ecran dublu sau cilindri concentrici, în cazul tubului catodic, distanța dintre ele, r, fiind $r=d_1/d_2$, unde d_1=diametrul interior al ecranului, iar d_2=diametrul exterior (fig. 5.24).

Factorul de ecranare, definit ca raportul dintre amplitudinea cîmpului extern H_E față de cel intern Hi, poate fi calculat cu o formulă empirică. Presupunem că un ecran infinit de lung e plasat într-un mic cîmp de c.c., perpendicular pe cilindru, atunci factorul de ecranare este:

$$\frac{H_E}{H_I}=\frac{\mu\cdot t}{2d}$$

unde μ este permeabilitate;
t este grosimea în cm a cilindrului;
d este grosimea interioară în cm a cilindrului.

În cazuri practice factorul de ecranare se reduce la capetele ecranului cilindrului ce are o lungime finită. De asemenea crestăturile necesare introducerii spirelor bobinei modifică de asemenea eficiența ecranării. Deci pentru o cutie de ecranare cu lungimea L, factorul de ecranare este

$$\frac{H_E}{H_I}=\frac{\mu\cdot t}{2L}$$

și în cazul ecranului dublu:

$$\frac{H_E}{H_I}=S_1+S_2+S_1S_2(1-r^2)$$

unde S_1 este factorul de ecranare pentru ecranul exterior;
S_2 — factorul de ecranare pentru ecranul interior;
r — raportul dintre diametrul ecranului exterior și cel interior.

Pentru cîmpuri magnetice generate de curent alternativ, ecuația factorului de ecranare trebuie modificată, pentru a se ține cont de efectul de pierderi prin reflexii și absorbții a undei electromagnetice și în aceste condiții, formula aplicabilă pînă la frecvența de 60 Hz este:

$$\frac{H_E}{H_I}=\frac{\mu\cdot t}{2d}\cdot\text{antilog}\left(0{,}0865\cdot t\,\frac{\mu F}{q}\right)$$

unde F este frecvența în Hz a cîmpului de c.a.;
q este rezistivitatea în $\mu\Omega$/cm a materialului.

Formulele de mai sus dau ordinele de mărime, degradarea factorului de ecranare ce se observă în practică fiind datorată contururilor bavurilor apărute în urma sudării și a călirii aliajului Ni—Fe care apar nu numai după prelucrări dar și dacă ecranul de protecție este manevrat necorespunzător.

Ecranele de protecție sînt în mod normal fabricate lăsînd găuri de trecere și de acces, urmînd apoi operații de stanțare și sudură. Pentru evitarea producerii eboșelor din stanțare se folosesc îmbinările sudate din mu-metal pentru grosimea de interval mai mare de 0,8 mm. Sudura prin puncte este o altă metodă, ce se aplică pentru materiale a căror grosime e mai mare de 13 mm.

Procedeul de prelucrare în profunzime permite producerea de cilindri fără articulații. Dimensiunile acestor cilindri sînt limitate, din moment ce materialul tinde să lucreze în timpul acestui proces, fiind necesare operații de tratament termic de detensionare între diverse etape ale acestui proces. Timpul de prelucrare precum și gradul de încărcare al sculelor face ca gradul de profunzime a prelucrării pentru cilindri din mu-metal de dimensiune mare să fie neeconomic. Pentru componente mici unde ecranarea de protecție nu e foarte critică, o tehnică de înfășurare folosește în acest scop benzi subțiri de mu-metal constituie o metodă eficace economică. Mai poate de asemenea să se folosească electroformarea de ecrane de protecție. Acest proces de electroformare sau depunere continuă a metalelor într-un electrolit este o tehnică cunoscută. Atît metalul ce urmează a fi depus (ce acționează ca anod) cît și poansonul activat (acționează ca catod) sînt plasate într-o soluție de electrolit.

Aplicarea unei tensiuni constante de 12 V conduce la transferul metalului de pe anod pe catod. Acesta din urmă va avea o formă complexă, obținînd realizarea unor componente ale căror dimensiuni interioare coincid cu cele exterioare ale poansonului. Electroformarea de ecrane magnetice din Ni/Fe pe tuburi de sticlă este o variantă recentă, procesul necesitînd un control precis al pH al soluției electrolitice în care trebuie adăugați agenți organici antitensionari pentru a se împiedica

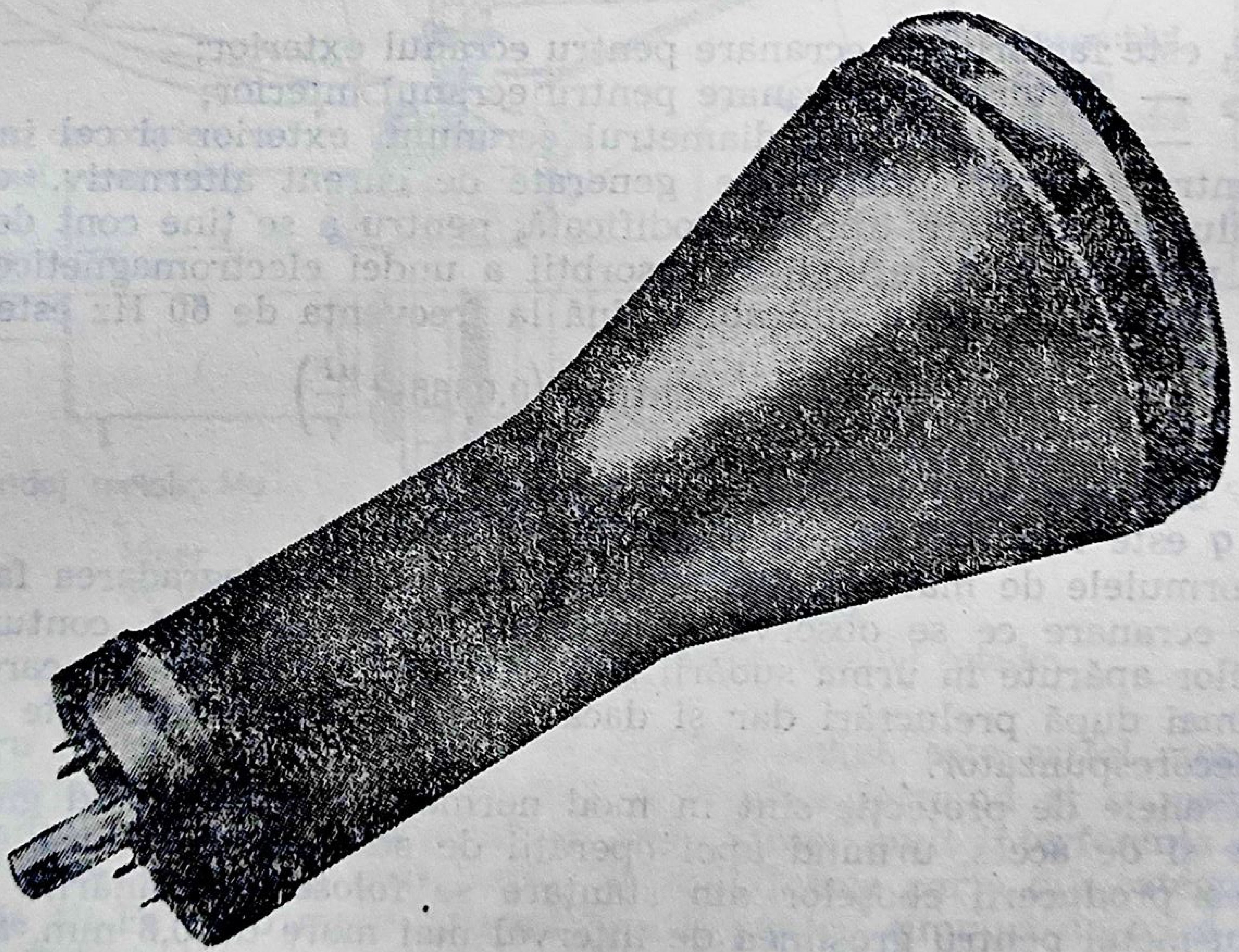


Fig. 5.25. Tub catodic cu ecranul depus prin electroformare direct pe învelișul de sticlă al tubului.

dezintegrarea Ni/Fe depus. În practică procesul se poate aplica pentru tuburi relativ mici. Această tehnică de electroformare nu e limitată de considerente de dimensiune (fig. 5.25). Mu-metal împreună cu cele mai noi metode este afectat de fenomenul de deformare ce provoacă o micșorare importantă a permeabilității. Deci pentru o ecranare optimă, orice deformare produsă ca urmare a tensionării, a efortului efectuat asupra materialului în timpul operației de găurire, încovoiere, sudură, necesită operațiuni de detensionare prin tratament termic.

Partea prelucrată, curățată de grăsimi, ar trebui plasată într-un cuptor și încălzită la 1 050—1 150°C. Temperatura trebuie menținută 2—3 ore și apoi partea prelucrată se răcește timp de 8 ore pînă la o temperatură de 200—250°C. În timpul ciclului complet de încălzire și răcire, trebuie menținut un curent de hidrogen pentru a se împiedica fenomenul de oxidare, iar punctul de condensare trebuie să fie mai mare de —40°C. Materialele tratate termic care au fost preparate într-o atmosferă reducătoare sînt gata pregătite pentru procesele de finisare, ca: vopsire sau acoperire. Alte aspecte privind ecranarea și suprimarea interferențelor radio pot fi întîlnite în cap. 11.

Implozia tubului catodic

Prin definiție, implozia apare ca urmare a fărîmării instantanee a unui tub cu interiorul vidat datorită presiunii atmosferice. Un tub catodic poate fi construit cu o anvelopă de sticlă cu diferența dimensională superioară celei a ecranului sau poate să aibă un corp metalic și numai ecranul din sticlă, vacumul din interiorul tubului fiind menținut prin folosirea unei izolații speciale de sticlă pe metal.

Zgîrieturi inițiale ale sticlei ce acționează ca factor de tensiune, distrug configurația de tensiune statică și induc propagări de crestături adiacente care se răspîndesc cu repeziciune peste întreaga suprafață de sticlă. Suprafața supusă dezintegrării nu mai e capabilă să reziste la sarcini externe și înainte ca multe mici crestături să permită pătrunderea aerului ca să se egalizeze diferențele de presiune, partea balonată a tubului sau ecranul se sparge în multe fragmente, care după ce străbat porțiuni de vid sînt pulverizate prin impact.

Oboseala sticlei și amplitudinea ei sînt determinate de starea suprafeței. Dacă aceasta este supusă unei tensionări și este zgîriată sau altfel deteriorată, sau dacă această sticlă este supusă unor variații de temperatură ori cicluri de umezeală există situația ca această impregnare de suprafață să se adîncească și să producă oboseala sticlei și micșorarea densității ei (înmuierea).

În cazul tuburilor catodice, asemenea fenomene pot să apară numai pe suprafața exterioară a porțiunii balonate și numai dacă sticla e supusă unor tensionări.

La tuburile construite din sticlă eforturile de tensionare sînt generate pe suprafețe exterioare de obicei în regiunea din jurul ramei porțiunii balonate a tubului, valorile acestei tensiuni fiind maxime în planurile de simetrie. O parte mai mare din porțiunea balonată este supusă unor tensiuni de comprimare peste întreaga grosime a tubului. Numai la periferia tubului aceste eforturi de tensionare necesită o atenție specială.

Imploziile au făcut obiectul unor investigații experimentale și prevenirea lor se obține prin folosirea unei benzi de ranforsare în jurul regiunilor în care tuburile din sticlă sînt supuse eforturilor de tensionare sau în cazul ansamblului corp-metalic — con de sticlă, prin folosirea unei benzi similare dar combinate cu o rășină și cu un panou special construit.

Banda de ranforsare servește pentru a se opune deformărilor și expansiunii părților periferice, împiedicînd lărgirea oricărei crestături și deci răspîndirea ei.

În condiții normale, banda nu e supusă tensionării și numai in cazul producerii și propagării unei crestături exercită o forță asupra porțiunii balonate. Adeziunea dintre sticlă și bandă este un factor important întrucît rigidizează ansamblul periferic. Mai mult, această adeziune asigură faptul că forțele care tind să lărgească crestătura sînt împiedicate local și nu conduc la reacții din partea materialului la porțiunile drepte sau la diversele puncte de transfer ale ansamblului. Banda constă dintr-o ramă metalică, spațiul mic dintre ea și sticlă fiind umplut cu rășină.

În cazul anumitor tuburi catodice, însuși conul este acoperit cu o folie de sticlă și poliester. Tubul ce folosește acest metal de prevenire a imploziei permite montarea directă a tubului pe ansamblul de susținere.

Testele efectuate asupra tuburilor prevăzute cu rame au arătat că riscurile de implozie sînt neglijabile. Acolo unde sticla se sparge ca urmare a unui impact sau ca urmare a unei variații bruște de la temperaturi înalte la cele scăzute, nu se produc implozii. În particular, experiențele s-au efectuat acolo unde gîtul tubului ce conține ansamblul electrodului a fost spart pentru a se simula o spărtură a tubului în acest punct, întregul ansamblu fiind apoi supus presiunii atmosferice. În toate cazurile, ecranul prevăzut cu o ramă nu se distruge și continuă să mențină ansamblul tubului nedeteriorat.

Asemenea tuburi se consideră a putea fi folosite fără avantajul unei ferestre de protecție pentru implozia ecranului.

Experiența a indicat oricum că tuburile cu con metalic și cu o fereastră plată de sticlă vor trebui protejate prin folosirea unui ecran de protecție pentru implozie, la o asemenea distanță față de ecranul tubului sau utilizînd o construcție similară cu cea recomandată în fig. 5.2.

Ferestrele sau ecranele de protecție pentru implozie trebuie să aibă o duritate suficientă pentru a rezista cînd tubul de desubtul lor implodează. De cele mai multe ori aceste ecrane protectoare sînt la numai 1 cm — 2 cm față de ecranul tubului și atunci în momentul imploziei ecranul de protecţie va fi atras în vidul din tub. Acest ecran va cădea peste periferia tubului din sticlă acoperind orice porţiune de intrare a aerului din exterior. Ca urmare membranele ecranelor de protecţie la implozie sau ferestrele plate protectoare ce se folosesc la tuburi cu dimensiuni de 560 mm ale ecranului tubului vor continua să fie absorbite de vidul existent în interiorul tubului.

Această suprasarcină ce se aplică va conduce la spargerea ecranului în foarte multe bucăţi acest fenomen începînd de la găurile de la periferia ecranului sau în porţiunile unde erau formaţi o serie de agenţi de tensionare iniţială.

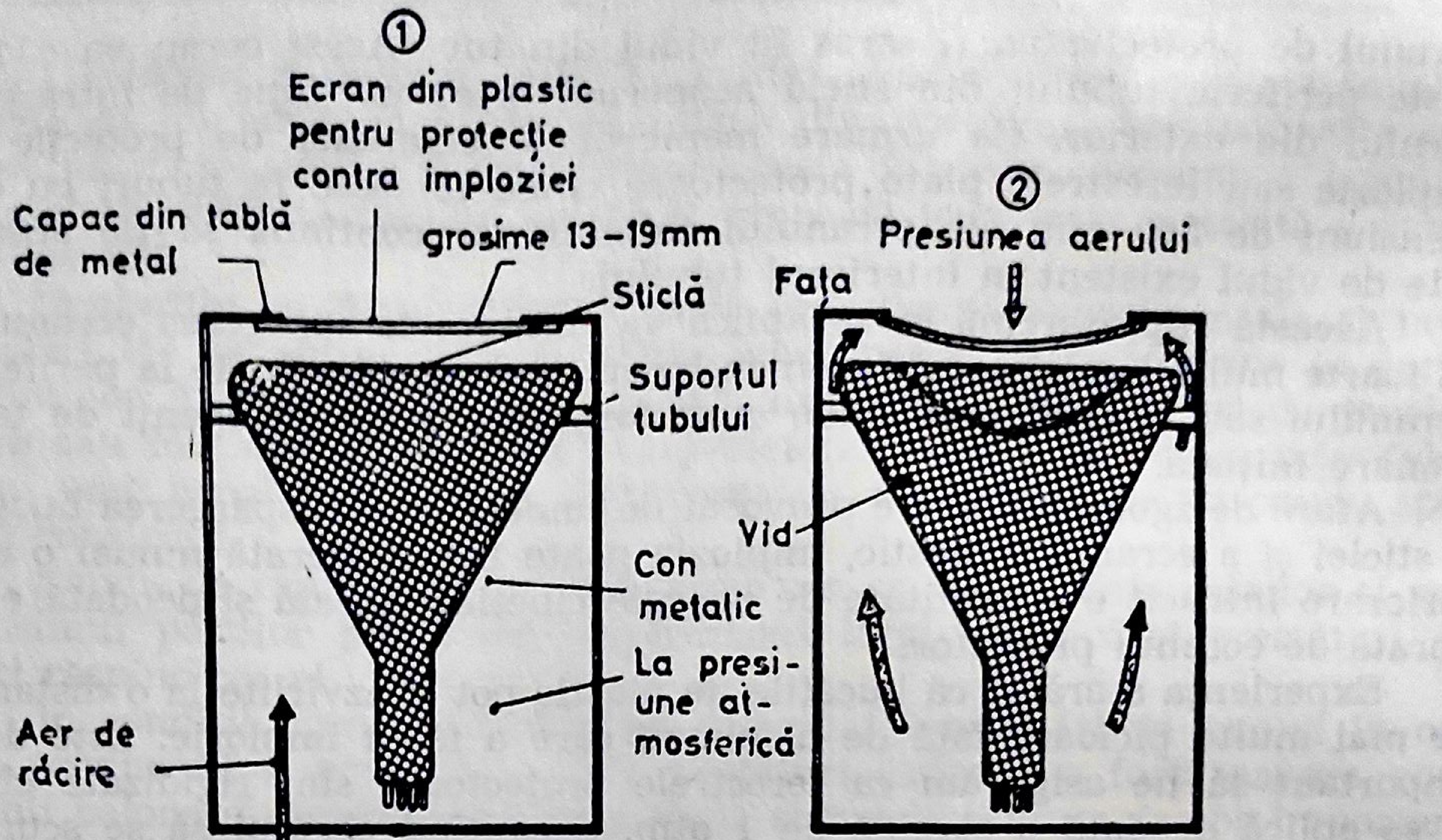
Afară de zgomotul care e provocat de undele de şoc, spargerea bucşei, a sticlei şi a ecranului plastic, implozia poate fi considerată numai o deteriorare întrucît e o cantitate de energie cinetică stocată şi deodată elaborată de ecranul protector.

Experienţa a arătat că bucăţile de plastic pot fi azvîrlite la o distanţă de mai multe picioare faţă de displayul care a făcut implozie. Este deci important să ne asigurăm ca ferestrele protectoare sînt rigidizate cînd li se aplică deodată o sarcină de 1 atm, permiţînd aerului să se scurgă prin jur în tub şi peste faţa ecranului pentru a umple vidul tubului.

În figura 5.26 de mai jos se prezintă o secvenţă posibilă de evenimente ce pot apare în cazul imploziei unui tub catodic. Calculele de mai jos vor determina o grosime adecvată a ferestrei de protecţie. Întrucît această fereastră trebuie să fie transparentă optic, se alege ca material, plastic sau sticlă. Un plastic ca de exemplu o foaie de Perspex acrilic este de preferat date fiind riscurile de manipulare şi prelucrare. Oricum însă este sensibilă la absorţia apei şi la expansiunea (dilatarea) termică. Perspex poate să absoarbă pînă la 2% apă şi această absorbţie conduce la o modificare a dimensiunilor foii. Astfel pentru grade de umiditate de 100%, 80%, 60% se pot produce modificări dimensionale de 0,3%, 0,2% şi 0,1% pentru o foaie aflată iniţial în stare uscată. Coeficientul de dilatare termică lineară a celor mai multe materiale plastice este de obicei semnificativ ca valoare şi permite o deplasare de 0,5% sau de 5 mm/m a cotelor pentru fiecare dimensiune. În tabelul 5.6 sînt prezentate mai multe proprietăţi importante ale foii de Perspex acrilic.

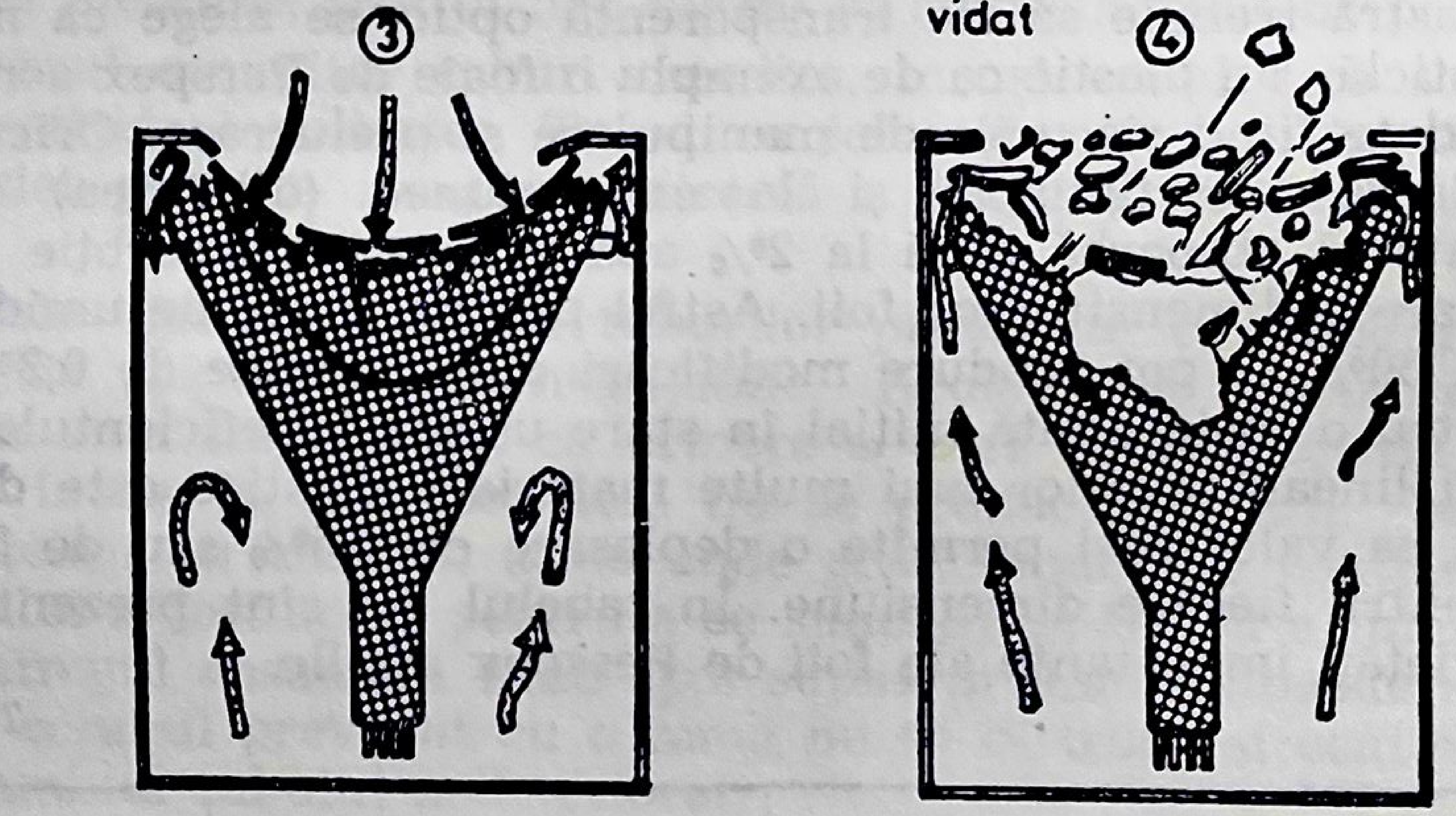
Tabela 5.6

Proprietate	Unitate de măsură	Valoare
Coeficientul Poisson		
la 20°C (68°F)	—	0,35
la 80°C (176°F)	—	0,4
Densitate la 20°C (68°F)	g/cm^3	1,19
	lb/in^3	0,043
Coeficient de dilatare termică	per°C	$7{,}3\times10^{-5}$
la 20°C (68°F)	per°F	4×10^{-5}
Toleranţa de absorbţie a apei (scufundat în întregime)	% din lungime	0,3


①
Ecran din plastic pentru protecție contra imploziei
Capac din tablă de metal
grosime 13–19mm
Sticlă
Suportul tubului
Con metalic
La presiune atmosferică
Aer de răcire
②
Presiunea aerului
Fața
Vid

Stare normală de funcționare

Se produce implozia, fața plată se distruge: ecranul de protecție la implozie este supt în vidul parțial existent încă în tub. Aerul răcit începe să umple spațiul vidat



Deformarea ecranului de protecție la implozie, care se sprijină pe marginea tubului de sticlă. Se întrerupe umplerea vidului cu aer. Ecranul de protecție se dezintegrează sub acțiunea de încovoiere produsă de către presiunea atmosferică. Capacul superior din tablă metalică se deformează.

Vidul e distrus și energia înmagazinată în capacul superior din tablă și în porțiuni ale ecranului de protecție este eliberată făcînd ca aceste porțiuni din ecran să fie azvîrlite către operator.

Fig. 5.26. Implozia tubului catodic — secvențe de evenimente posibile.

Majoritatea formulelor de care dispun inginerii în proiectare se bazează pe două presupuneri şi anume:

a) că materialul are după diagrama, forţă-alungire, o caracteristică dinamometrică lineară;

b) că deflexiile sînt de valoare mică.

Foaia acrilică are o curbă solicitare/deformaţie mai curînd lineară în limitele de temperatură pentru deformări de pînă la 1%. Tensionările trebuie să fie astfel încît deformările chiar după alungire să nu depăşească această valoare. Cînd deformările sînt mari şi depăşesc grosimea ferestrei tensionările ce se produc în material se adaugă la cele datorate încovoierilor produse datorate sarcinii aplicate.

Întrucît este dificil să se folosească teoria deformărilor mari, se aplică în mod uzual teoria deformărilor mici şi se respinge folosirea ei la cazurile în care deformarea maximă nu va depăşi grosimea materialului. În aceste circumstanţe tensionările superficiale ale membranei sînt mici în comparaţie cu tensionările de înconvoiere.

Formulele de mai jos au ţinut cont de aceste limitări.

În toate cazurile este recomandat ca să se evite descontinuităţile de secţionare ascuţite sau crestăturile din moment ce acestea produc concentrări de tensionări care au o importanţă deosebită cînd materialul e supus aplicării unor sarcini instantanee. Aceste concentraţii de tensionări interioare pot să depăşească tăria materialului şi să producă o rupere instantanee.

Ferestrele protectoare realizate dintr-o placă acrilică circulară sau rectangulară, pot fi prinse de-a lungul periferiei lor şi montate în garnituri flexibile. Găurile bolţurilor trebuie astfel găurite ca să aibă dimensiuni mai mari sau să fie crestate astfel ca să se ţină cont de expansiunea termică şi absorbţia apei. Formulele din tabelul 5.7 sînt potrivite pentru a fi aplicate în (tabela 5.7) şi (tabela 5.8).

Prin folosirea formulelor de mai sus se prezintă grosimile recomandabile ale ferestrelor protectoare circulare de Perspex pentru diverse domenii de presiuni fereastră (la 20°C—68°C).

Unele tuburi catodice din sticlă folosesc fereastră protectoare curbată care să se potrivească pe faţa plată a ecranului de care e lipită cu ajutorul unei răşini transparente avînd acelaşi index de reflectare ca şi sticla. Fără rama descrisă anterior, o asemenea construcţie oferă o protecţie parţială pentru personalul ce lucrează la capătul posterior al ansamblului.

Combinaţiile dintre conul metalic şi ecranul plat din sticlă ca cele din fig. 5.2 s-au dovedit a fi sigure fiind folosite cu răşină transparentă pentru a umple golul dintre panoul de protecţie la implozie şi faţa plană a tubului (tabelul 5.8).

Tabela 5.7

Domeniu de aplicație	Tipul solicitării	Tipul fixării	Formula de proiectare	Deformarea
Panou rectangular	Uniformă	Susținut pe toate marginile	$t^4 = \frac{0{,}14\ pb^4}{E_D(1+2{,}2a^3)}$	$\frac{0{,}75\ pb^2}{t^2(1+1{,}6a^2)} < S_D$
		Prins pe toate marginile	$t^4 = \frac{0{,}028\ pb^4}{E_D(1+1{,}06a^5)}$	$\frac{0{,}5\ pb^2}{t^2(1+0{,}6a^6)} < S_D$
	Solicitare concentrată, uniform pe o suprafață mică circulară concentrică cu raze ro	Susținut pe toate marginile	$t^4 = \frac{0{,}2\ Wb^2(1-\nu^2)}{E_D(1+0{,}46a^4)}$	$\frac{3W}{2\pi t^2}\left[(1+\nu)\log_e\frac{b}{2r_0} + K+1\right] < S_D$
		Prins pe toate marginile	$t^4 = \frac{\beta(1-\nu^2)\ Wb^2}{E_D}$ unde $\beta = 0{,}072;\ 0{,}082;\ 0{,}062$ ptr. $\frac{a}{b} = 4,\ 2,\ 1$	$\frac{3W}{2\pi t^2}\left[(1+\nu)\log_e\frac{b}{2r_0} + 5(1-a)\right] < S_D$ $K = \left[\frac{0{,}9}{1+1{,}6a^5}\right] - 0{,}6$
Panou circular	Uniformă	Susținut pe toate marginile	$t^4 = \frac{3\ pr^4(1-\nu)(5+\nu)}{16\ E_D}$	$\frac{3pr^2(3+\nu)}{8t^2} < S_D$
		Prins pe toate marginile	$t^4 = \frac{3\ p(1-\nu^2)\ r^4}{16\ E_D}$	$\frac{3pr^2}{4t^2} < S_D$

unde a=lungimea panoului; b=lărgimea fascicolului; $\beta = b/a$; E=modulul lui Young; E_0=coeficient de proiectare; ν=coeficient Poisson; p=presiune; r=raze; S_D=deformare proiectată; t=grosime; W=sarcina totală.

Tabela 5.8

Presiune (P)		Diametru (d)							
(lb/in²) val. absolută	(kg/cm²)	in cm	3 7,6	6 15,2	9 22,9	12 30,5	15 38,1	18 45,7	24 61
1	0,07	1/16	3/32	1/8	5/32		1/4	3/8	
2	0,14	1/16	1/8	3/16	1/4	3/16	3/8	1/2	
5	0,35	3/32	3/16	1/4	3/8	5/16	1/2	3/4	
10	0,7	1/8	1/4	3/8	1/2	1/2	3/4	7/8	
15	1,05	3/16	5/16	1/2	5/8	3/4	1	1 1/4	
20	1,4	3/16	3/8	1/2	3/4	7/8	1	1 1/2	
50	3,5	1/4	1/2	7/8	1	1 1/2	1 3/4	2 1/4	
100	7,0	3/8	7/8	1/4	1 3/4	1	2 1/2	3 1/2	

Subsistemele de introducere a datelor

Unul din principalele aspecte privind utilizarea sistemelor de afişare se referă la conversia datelor din forma lor iniţială într-una compatibilă cu reprezentarea lor vizuală. Datele de la intrare pot fi digitale (numerice) sau analoage şi ele conţin acele informaţii care au fost introduse în sistem prin intermediul unor dispozitive de intrare ca tastaturi alfanumerice, creioane luminoase, sezizor cu bilă rotitoare.

În cele ce urmează se prezintă aspectele de proiectare electromagnetică ale acestor subsisteme de introducere a datelor, prezentarea diagramelor bloc ale acestora fiind făcută în fig. 5.27. Toate datele sînt transformate în sistem sub controlul unei unităţi de control şi a unui sistem de temporizare. Pe lîngă acestea blocurile marcate pe figură ca dispozitive de introducere a datelor, circuitul de digitizare registrele tampon constituie restul subsistemelor de introducere a datelor.

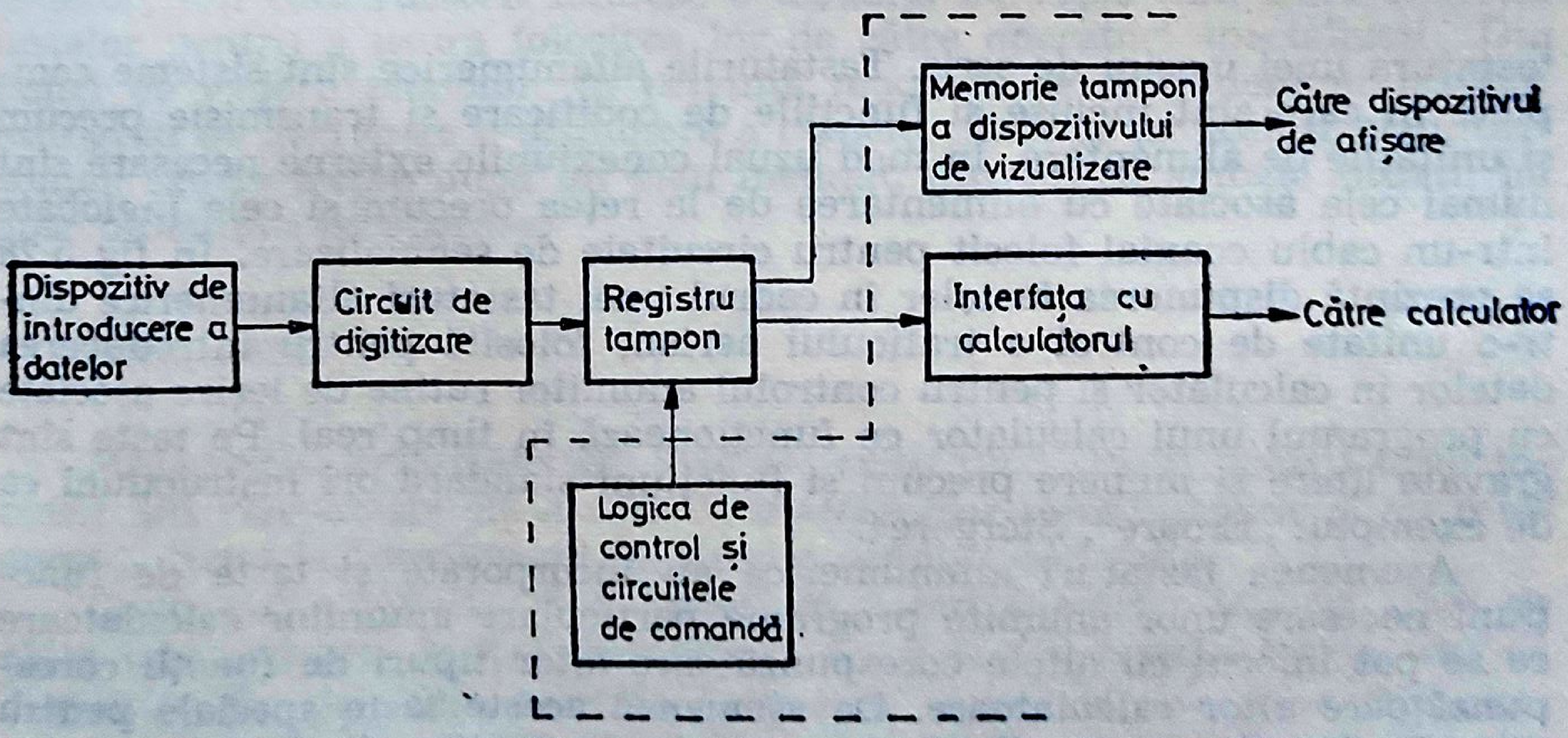

Memorie tampon a dispozitivului de vizualizare
Către dispozitivul de afişare
Dispozitiv de introducere a datelor
Circuit de digitizare
Registru tampon
Interfaţa cu calculatorul
Către calculator
Logica de control şi circuitele de comandă

Fig. 5.27. Diagrama bloc a subsistemului de introducere a datelor.

Tastaturile alfanumerice

Tastaturile alfanumerice cu preţ scăzut şi cu o mare siguranţă în funcţionare sînt capabile să realizeze legătura între calculator şi echipamentul de colectare a datelor. Firmele producătoare oferă actualmente o gamă variată de dimensiuni precum şi multe opţiuni ceea ce permite o mare flexibilitate în proiectarea tastaturilor şi o uşurare a realizării lor tehnologice.

Majoritatea tastaturilor alfanumerice sînt construite din taste electromecanice dispuse într-o ordine logică foarte asemănătoare cu cea de la tastatura unei maşini de scris. Tastaturile alfanumerice sînt sisteme complete în care sînt incluse şi funcţiile de codificare şi transmisie precum şi unităţile de alimentare. În mod uzual conexiunile externe necesare sînt numai cele asociate cu alimentarea de la reţea precum şi cele înglobate într-un cablu coaxial folosit pentru circuitele de semnalizare. În fig. 5.28 se prezintă dispunerea tastelor în cadrul unei tastaturi alfanumerice dintr-o unitate de control a traficului aerian, folosită pentru introducerea datelor în calculator şi pentru controlul anumitor rutine de ieşire asociate cu programul unui calculator ce funcţionează în timp real. Pe taste sînt gravate litere şi numere precum şi funcţiuni standard ori instrucţiuni ca de exemplu: „Eroare“, Ştergere“.

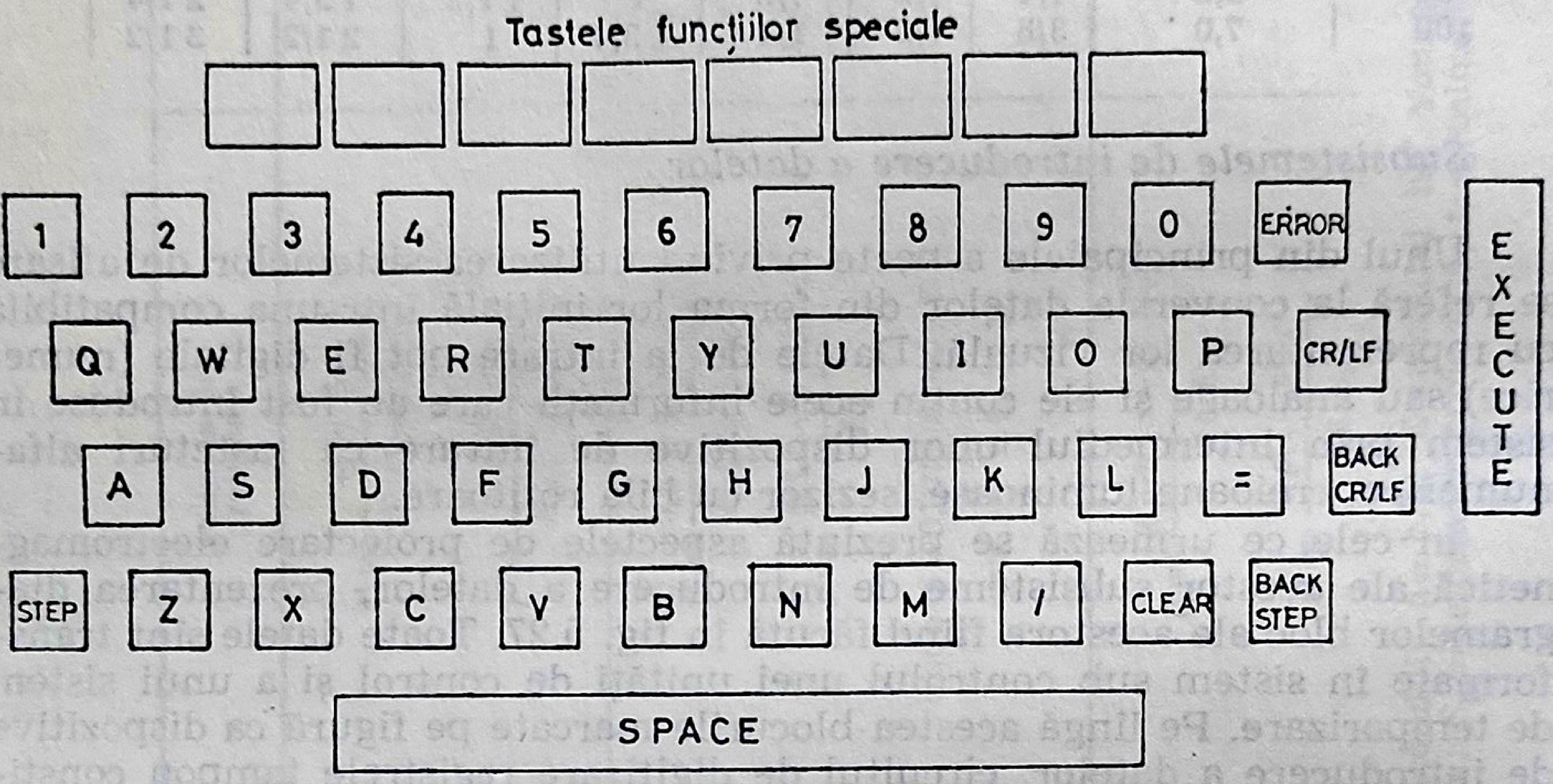


Fig. 5.28. Topografia unei tastaturi alfanumerice.

Asemenea tastaturi alfanumerice au încorporate şi taste de funcţiuni necesare unor anumite programe particulare anumitor calculatoare ce se pot înlocui cu altele corespunzătoare altor tipuri de funcţii corespunzătoare altor calculatoare. De asemenea aceste taste speciale pentru anumite funcţii pot să aibă incluse în ele dispozitive de iluminare cu o intensitate luminoasă reglabilă cu ajutorul unor potențiometrii. Asemenea taste se luminează cînd sînt apăsate și apoi intensitatea luminoasă scade după ce au fost eliberate (exemplul tastei EXECUTA). Becurile incluse în aceste taste pot fi schimbate atunci cînd ele se ard.

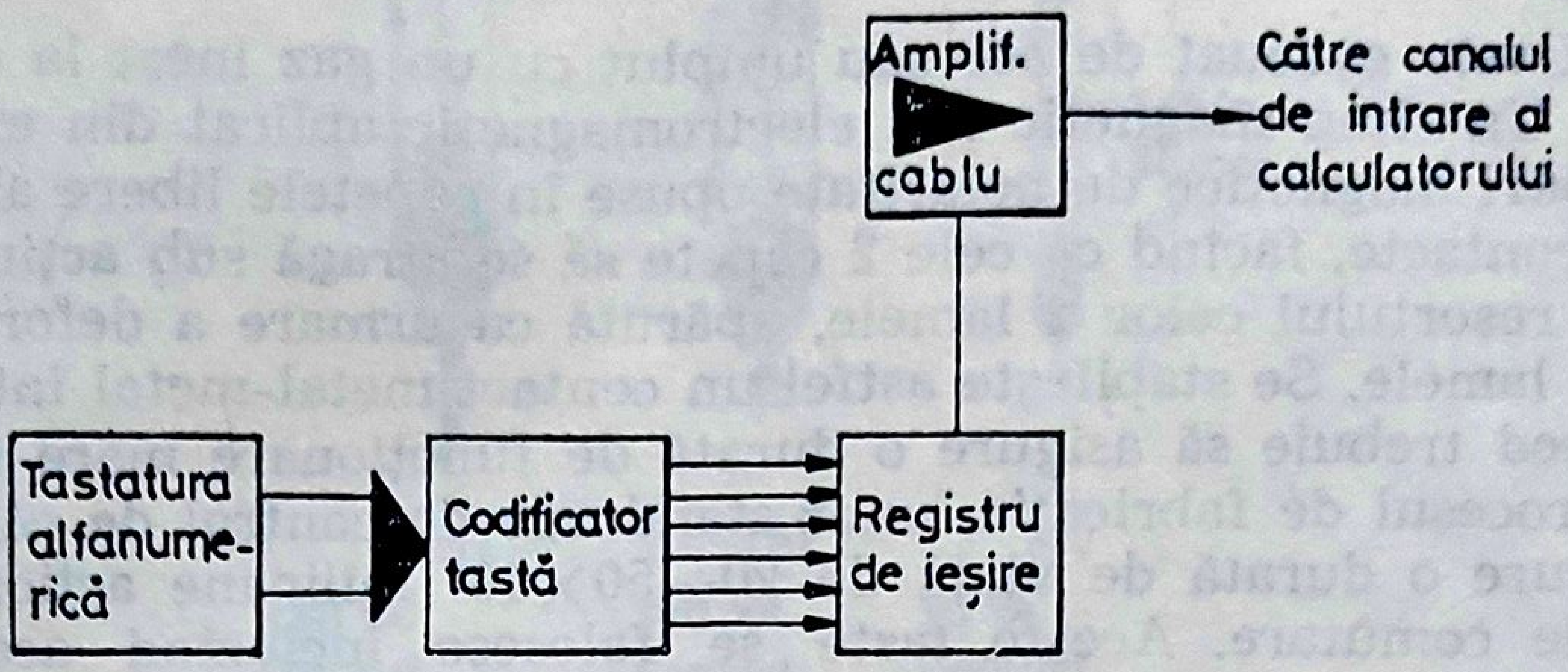


Fig. 5.29. Schema bloc a unei tastaturi alfanumerice.

Schema logică bloc a unei tastaturi alfanumerice este prezentată în fig. 5.29. Apărarea unei taste face ca circuitul de codificare al tastei să genereze un cod mic de 6 biți în paralel care să fie transferat într-un registru de ieșire în vederea transmiterii lui serial către calculator. O logică adițională este necesară pentru înscrierea biților pentru caractere telegrafice „START“ și „END“. Viteza normală de transmisie este de 200 biți/sec ieșirea de la tastatura alfanumerică fiind similară în acest sens cu cea a unei teleprinter.

Cele mai multe din tastaturile alfanumerice utilizează șiruri de taste distanțate între ele cu 4,75 mm sau 9,5 mm. Tastaturile numerice folosesc un număr mai mic de taste. În condordanță cu modul de dispunere al tastelor, toți constructorii folosesc o distanță de 19,05 mm între centrele tastelor pentru a ușura folosirea lor de către operatori specializați. Din punct de vedere economic în privința modului de dispunere al tastelor este greu de ales între o dispunere a clapelor tastelor în același plan, orizontal, sau în trepte după un plan înclinat, întrucît în ambele situații nu apar dificultăți de operare.

Relee reed

Majoritatea producătorilor folosesc relee reed (1970) pentru taste întrucît atît cele uscate cît și cele cu mercur sînt relativ ieftine și au o siguranță mare în funcționare, în diferite condiții de mediu.

Contactul magnetic reed ermetizat a fost inventat în anii „30“ de către laboratoarele Bell Telephone și s-a dovedit repede foarte util ca dispozitiv de comutație de mică putere în circuitele telefonice. Un contact reed uscat constă din 2 lamele portcontact plate dispuse în consolă, realizate din aliaj de nichel-fier în proporție de 50/50, etanșat înglobate fiecare în capătul a cîte unui tub de sticlă astfel încît capetele lor libere se suprapun în mijlocul tubului, ele fiind separate de un foarte mic întrefier. Suprafețele libere și de contact sînt acoperite cu aur cu o grosime de 5—6 μ.

Tubul este evacuat de aer sau umplut cu un gaz inert la o presiune de 1 atm. Un cîmp magnetic sau electromagnetic aplicat din exterior induce cîmpuri magnetice de polaritate opuse în capetele libere ale balamalelor portcontacte, făcînd ca cele 2 capete să se atragă sub acțiunea forței elastice a resortului celor 2 lamele, apărută ca urmare a deformării respectivelor lamele. Se stabilește astfel un contact metal-metal între lamele. Releele reed trebuie să asigure o durată de funcționare mare și sînt supuse în procesul de fabricație, unor standarde de control de calitate care să le asigure o durată de viață de 20—50×10^6 milioane acționări adică operații de comutare. Aceste taste se folosesc incluzînd aceste relee într-un circuit rezistiv parcurs de curenți de 100 mA de la o sursă de c.c. de 50 V. Se examinează suprafețele contactelor după 1—3×10^6 operații de comutare. Fenomenul de oscilație al contactelor releului constituie un fenomen nedorit în funcționarea acestor relee uscate ce trebuie eliminat prin intermediul unor circuite electronice speciale. Asemenea relee reed pot să suporte șocuri de ordinul de 40 g și să funcționeze într-o gamă de temperaturi de la 65°C la 150°C.

Releul cu mercur față de cel descris mai sus folosește o mică cantitate de mercur în tubul de sticlă pentru eliminarea fenomenului de „bounce“ (oscilație a contactului) și pentru ușurarea închiderii și deschiderii contactului electric. Caracteristic pentru acest tip de relee este că în cazul contactelor umezite cu mercur se asigură o nouă suprafață de contact pentru operațiile de comutare. Suprafețele contactelor sînt din Platină și sînt umezite cu mercur care se obține dintr-un rezervor, printr-o gaură de emisie capilară. Fig. 5.30 prezintă un număr de capsule de relee umezite cu ulei, cele mai mari putînd realiza chiar comutații de mare putere. Secvențele de funcționare în comutarea acestor relee sînt descrise în fig. 5.31. Mercurul acoperă suprafețele de contact și la aplicarea unui cîmp magnetic extern armătura mobilă a releului este accelerată din contactul fixat antrenînd și ruperea filamentului de mercur asociat armăturii.

Aceste suprafețe de mercur despărțite între ele, sînt accelerate una față de alta cu o forță de 1 550 gr, mișcarea lor relativă asigurînd un mecanism de comutație din care sînt eliminate caracteristicile fenomenului de oscilație a contactului ce apărea la alte elemente electromecanice de comutare.

Figura 5.31 conține cele două secvențe de funcționare posibilă ale releului cu mercur, ilustrînd principiul „rupere înainte de închiderea contactului“ și „închidere înaintea ruperii contactului“ asociat cu filamentul

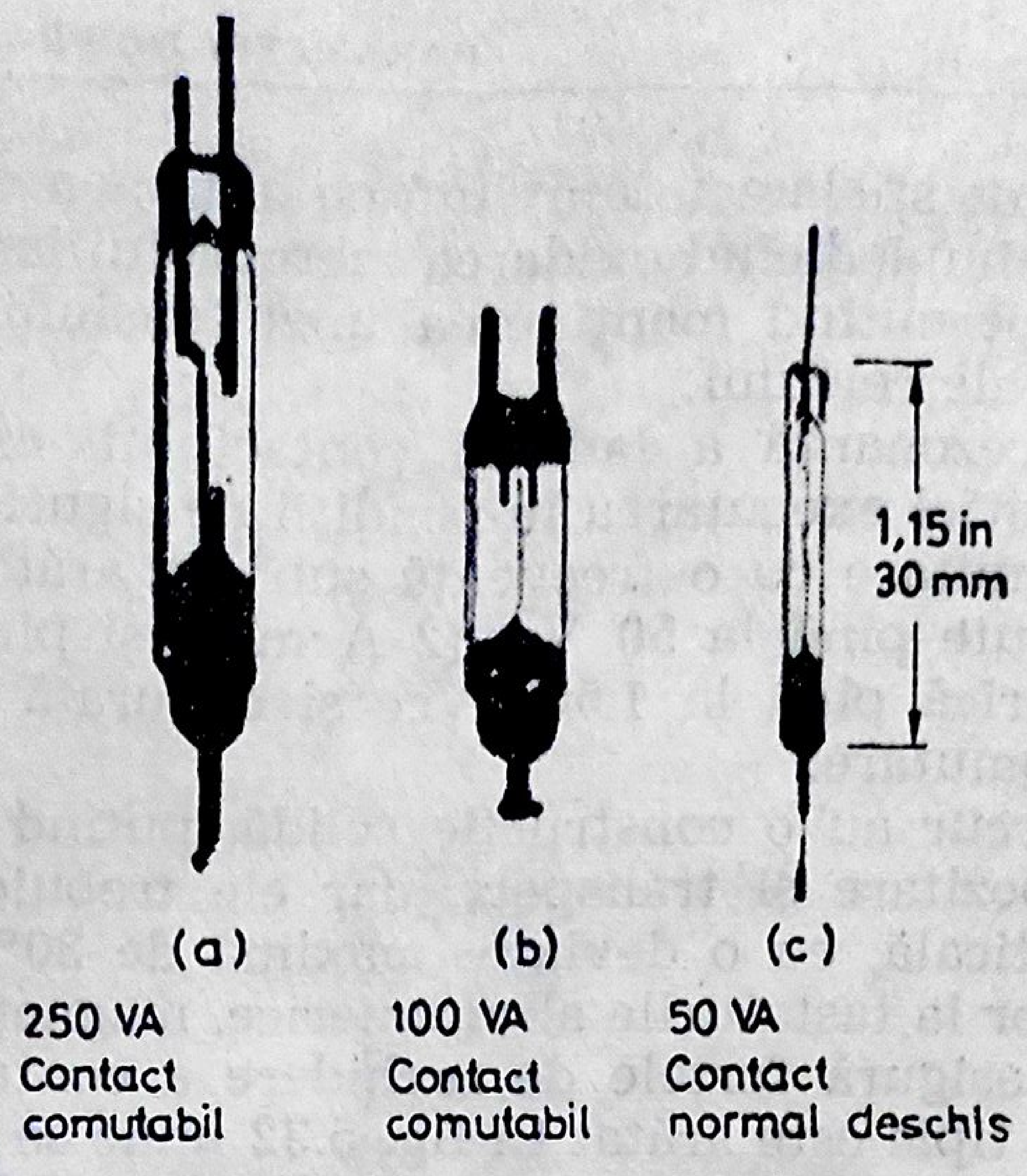

1,15 in
30 mm
(a)
(b)
(c)
250 VA
Contact
comutabil
100 VA
Contact
comutabil
50 VA
Contact
normal deschis

Fig. 5.30. Tipuri de capsule umezite cu mercur.

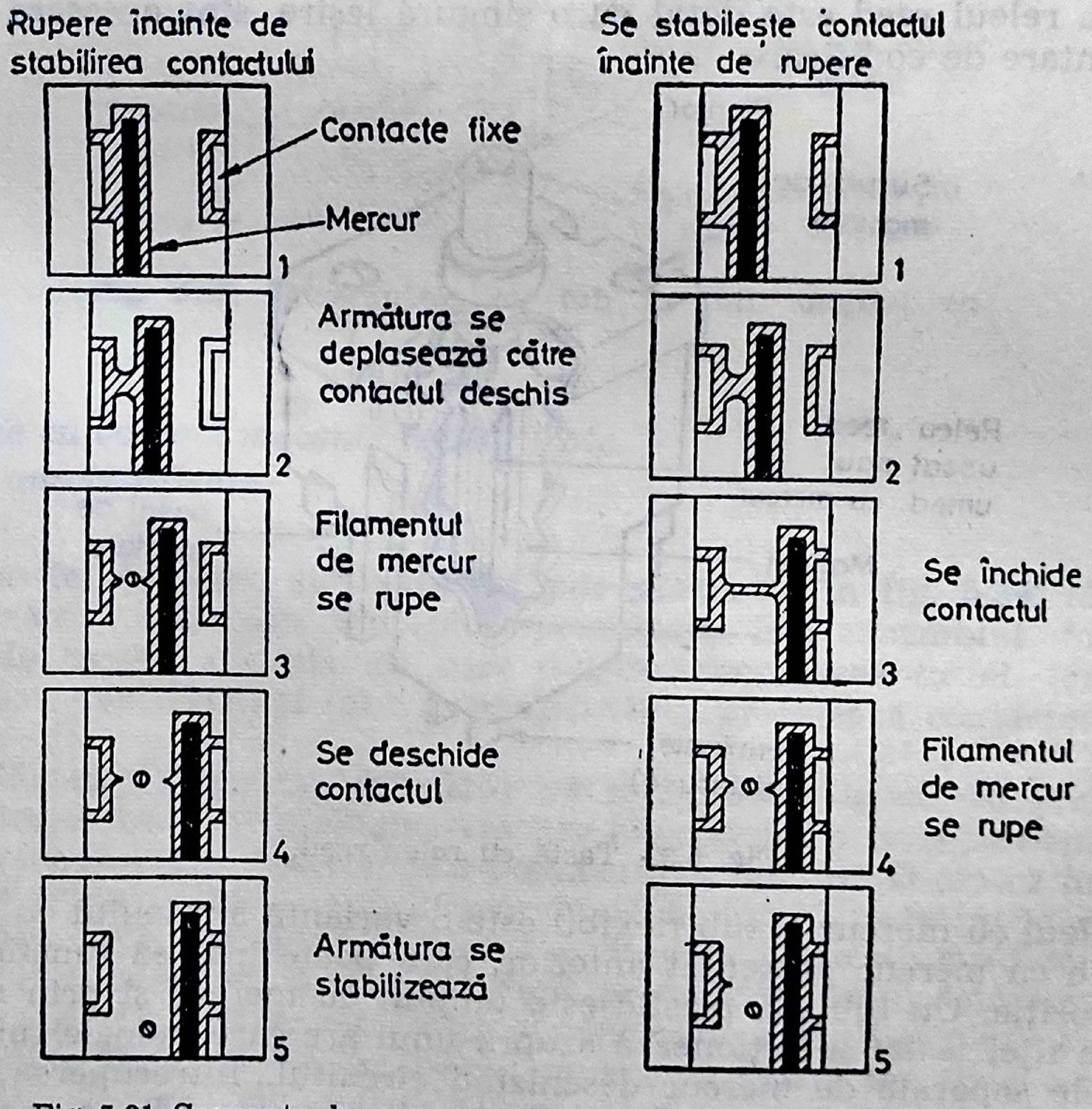

Rupere înainte de stabilirea contactului
Se stabilește contactul înainte de rupere
Contacte fixe
Mercur
Armătura se deplasează către contactul deschis
Filamentul de mercur se rupe
Se deschide contactul
Armătura se stabilizează
Se închide contactul
Filamentul de mercur se rupe
1
2
3
4
5
1
2
3
4
5

Fig. 5.31. Secvența de operații pentru capsule umezite cu mercur.

de mercur. Capsula de sticlă este umplută cu hidrogen uscat cu o presiune de 14 kg/cm^2, gazul împiedicînd oxidarea mercurului iar presiunea cu care se umple capsula permițînd menținerea unei tensiuni de 2 000 V între contactele deschise ale releului.

Frecvența de rezonanță a lamelei contactului este de ordinul a 250 Hz permițînd astfel executarea în condiții de siguranță în funcționare a operațiilor de comutare cu o frecvență sub cea arătată. Noile relee cu mercur pot să comute pînă la 50 VA (2 A max. și pînă la 300 Vdc), cu o rezistență dielectrică pînă la 1 500 Vcc și o durată de funcționare de 1×10 operații de comutare.

Releele cu mercur au o construcție solidă, putînd să reziste în condiții severe de depozitare și transport, dar ele trebuiesc montate într-o poziție cît mai verticală, cu o deviație maximă de 30° față de verticală. În scopul folosirii lor la tastaturile alfanumerice, magneți permanenți montați pe tija clapei asigură forțele de închidere a contactelor în modulul tastei. Un exemplu tipic este arătat în fig. 5.32 unde se prezintă un modul de tastă la care magnetul tijei acționează contactul reed care este deplasat din poziția sa superioară într-o poziție mai joasă.

Cum releul reed este dotat cu o singură ieșire, sînt necesare circuite suplimentare de codificare.

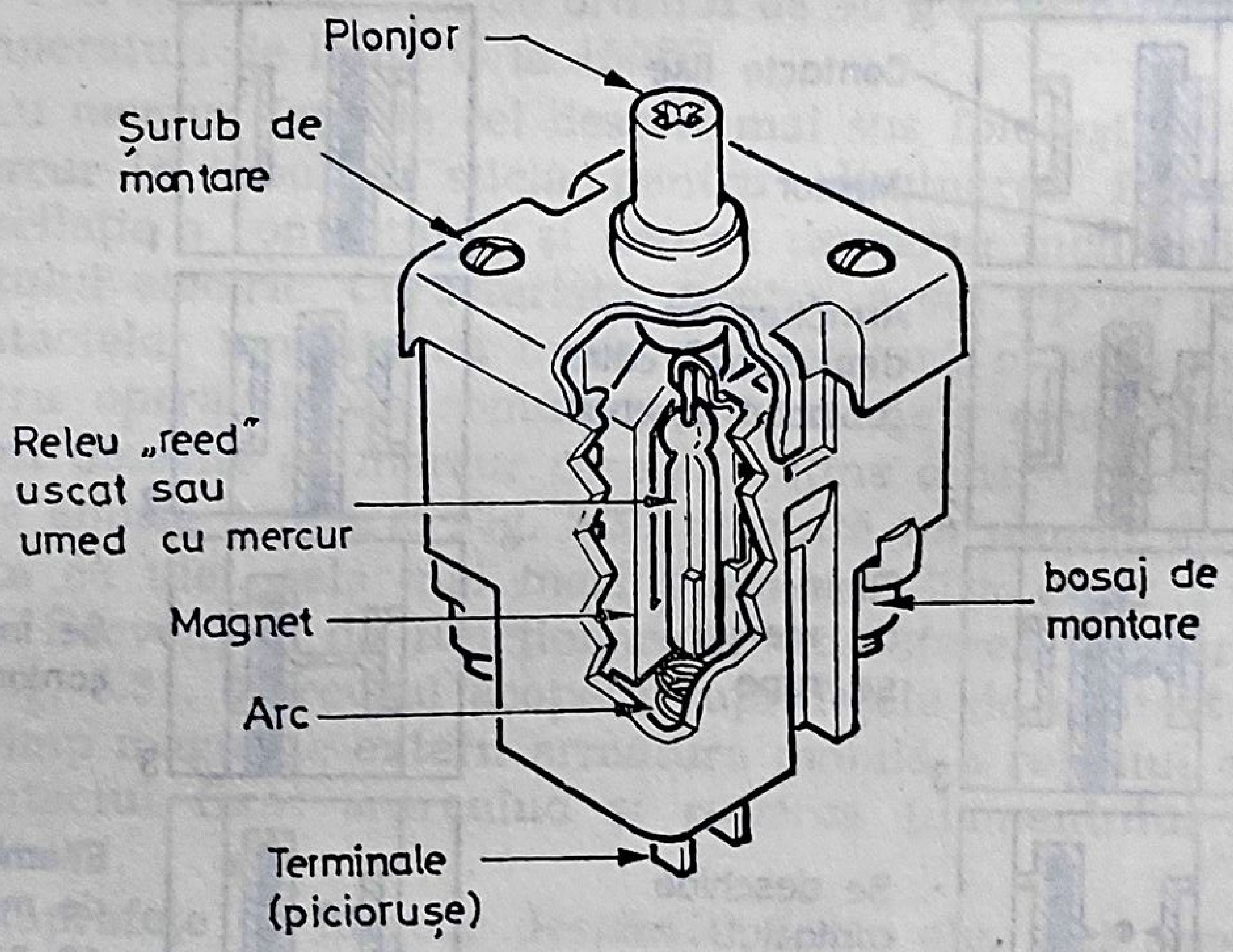


Fig. 5.32. Tastă cu releu reed.

Releul cu mercur și tub flexibil este o variantă a releului cu contacte multiple cu mercur prezentat anterior, care poate însă să funcționeze în orice poziție. Un tub din plastic este umplut cu mercur și prin mișcarea în jos a tijei tastei se acționează asupra unui arc care îndoaie tubul în 2, coloanele separate de mercur deschizînd circuitul. Întreruperea apăsării tastei permite unirea celor două coloane de mercur, prin aceasta realizîndu-se închiderea circuitului. Asemenea relee nu prezintă fenomene neplăcute de oscilaţie a contactului şi au o durată de funcţionare mai mare de 3×10^6 acţionări (fig. 5.33).

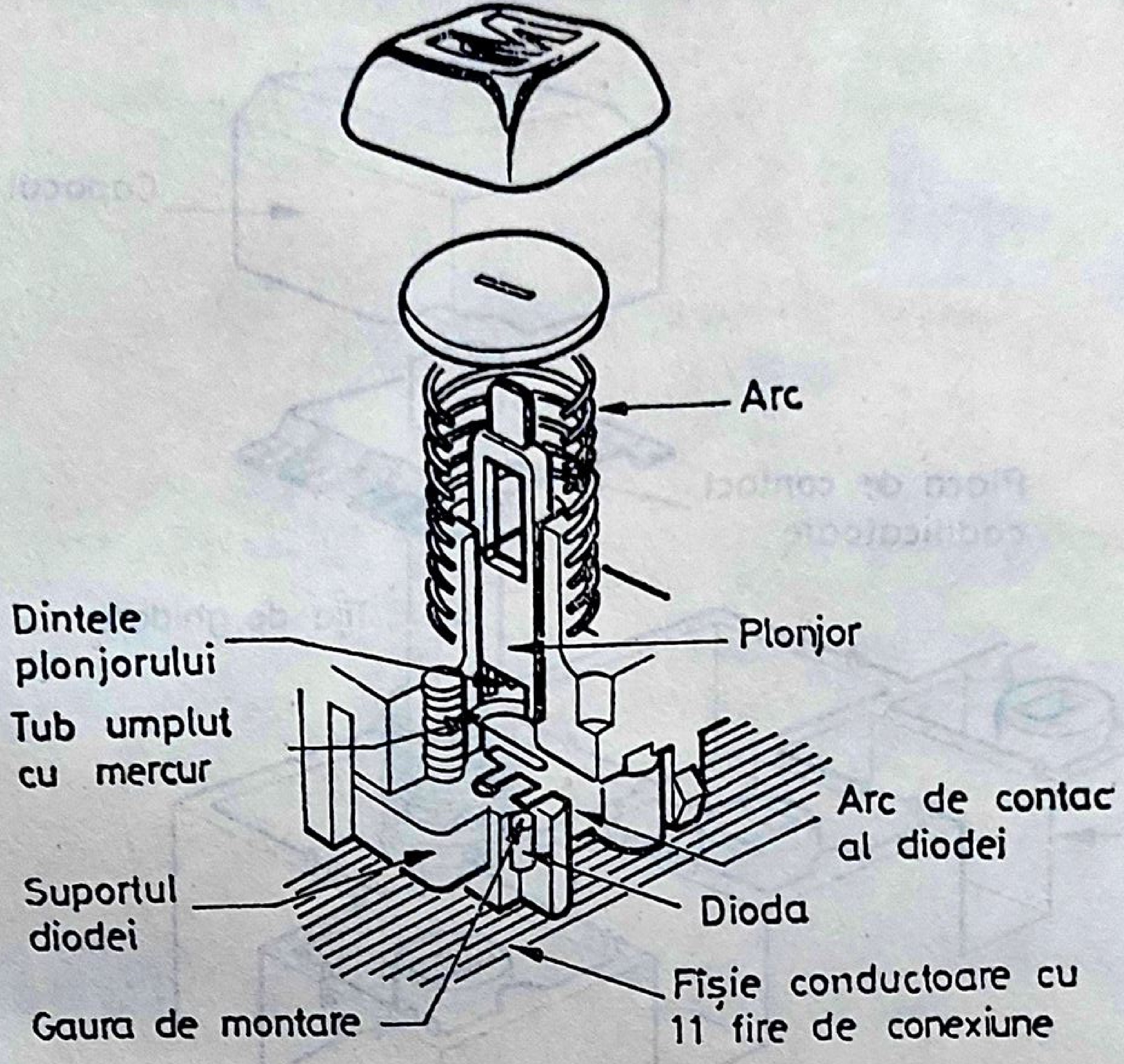

Arc
Dintele plonjorului
Plonjor
Tub umplut cu mercur
Arc de contac al diodei
Suportul diodei
Dioda
Fişie conductoare cu 11 fire de conexiune
Gaura de montare

Fig. 5.33. Întrerupător cu tub flexibil, umplut cu mercur.

Relee cu contact mecanic necodificate sau autocodificate

Un astfel de releu autocodificat este prezentat în fig. 5.34. Modulul tastei constă din 5 părţi mecanice principale iar ansamblul foloseşte capsule de plastic schimbabile care conţin specificarea tastei, (exemplu numere sau simboluri) şi care în acelaşi timp protejează contactele electrice.

O plăcuţă de contact, prevăzut pe marginile sale cu 10 prelungiri care alcătuiesc conductoarele generatoare ale codului primar se deplasează prin intermediul unei tije centrale prevăzute cu un arc. O mască de codificare din plastic care nu este reprezentată în figură, permite închiderea circuitului numai pentru acele contacte din cele 10 cu ajutorul cărora se formează caracterul sau simbolul indicat pe capsula tastei. Apăsarea tastei forţează realizarea contactului între conductorii selectaţi şi pinii localizaţi în anumite poziţii în modulul tastei, aceştia la rîndul lor fiind conectaţi la un cablu realizat din 10 fire. Aceste relee nu sînt etanşate şi deci ele sînt supuse fenomenului de contaminare. Sînt necesare circuite speciale de evitarea fenomenului de oscilație a contactului și deci ale operației de închidere nesimultană a contactelor. În condiții stricte de mediu, asemenea relee pot să funcționeze pînă la 10×10^6 acționări.

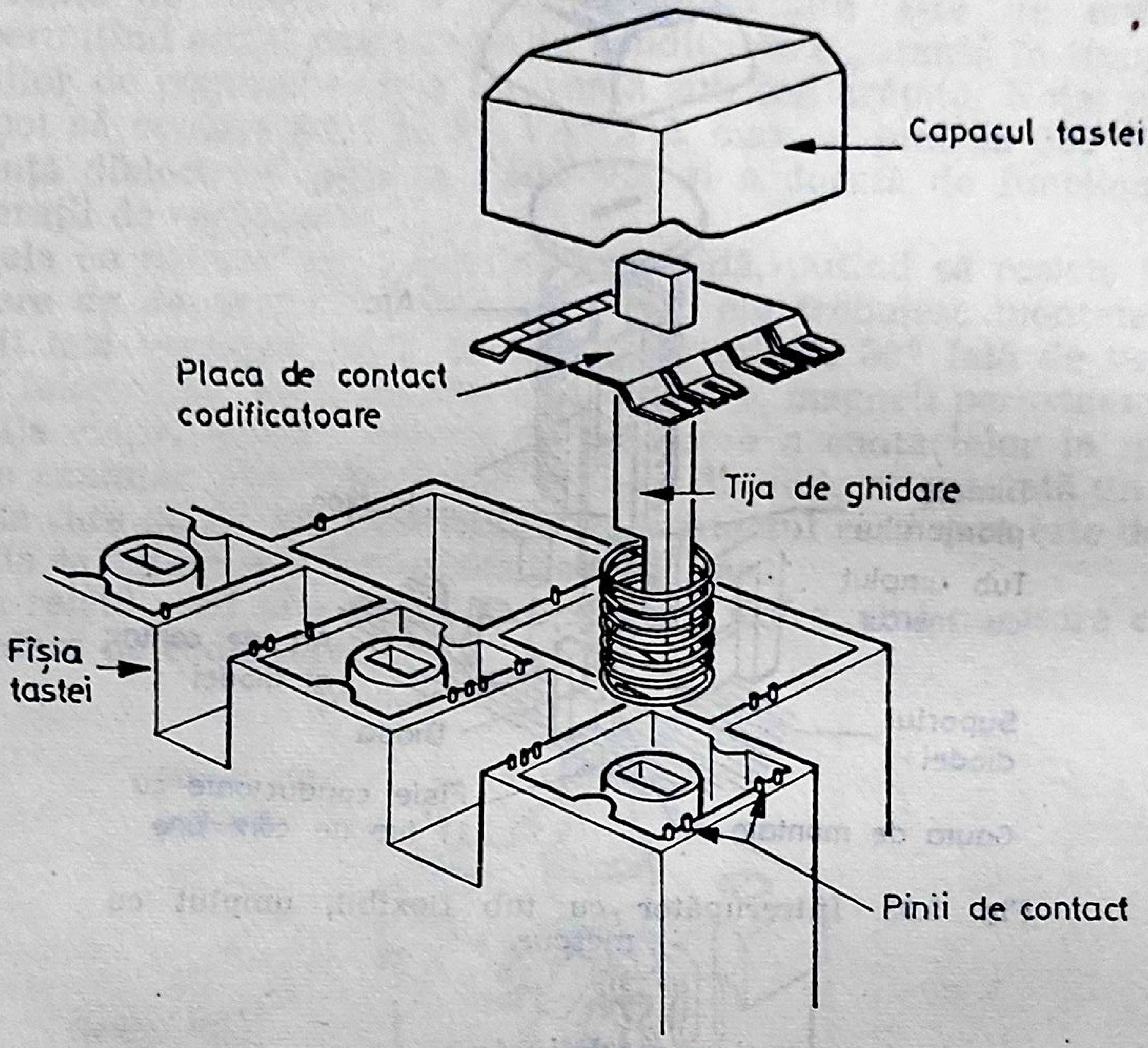


Fig. 5.34. Tasta autocodificabilă.

Releele mecanice necodificate pot fi obținute prin folosirea a diferite elemente mecanice simple capabile să execute mișcări de tipul sus-jos. Un tip de asemenea relee care nu folosește părți mobile mecanice convenționale este cel care folosește o diafragmă elastică, contactele fiind realizate sub forma unor serii de straturi legate împreună și depuse etanș pe un strat de cauciuc siliconic. Construcția acestui tip de relee este prezentată în fig. 5.35. Dedesubtul contactului în formă de pieptene sînt localizate 4 straturi separate, stratul cel mai jos constînd dintr-o placă rigidă pe care sînt imprimați conductori și căi metalizate a cărei combinație e conformă semnificației tastei. Următorul strat este confecționat din poliester, este subțire și prezintă găuri care permit căilor metalizate de pe al treilea strat să facă contact cu cele imprimate pe stratul rigid de dedesubt. Această diafragmă din poliester este prevăzută cu găuri în anumite poziții care să permită realizarea contactului între anumite combinații de căi metalizate care corespund fiecărui tip de tastă.

Stratul cel mai de sus realizat din cauciuc acţionează ca o pernă de absorţie a şocurilor. Întregul ansamblu de 4 straturi se deplasează numai cu cîteva mimi de cm atunci se apasă pe tastă şi poate fi montat pe o placă de susţinere metalică. Fenomenul de oscilaţie a contactului este mic, iar contactele rezistă pînă la 10×10^6 acţionări.

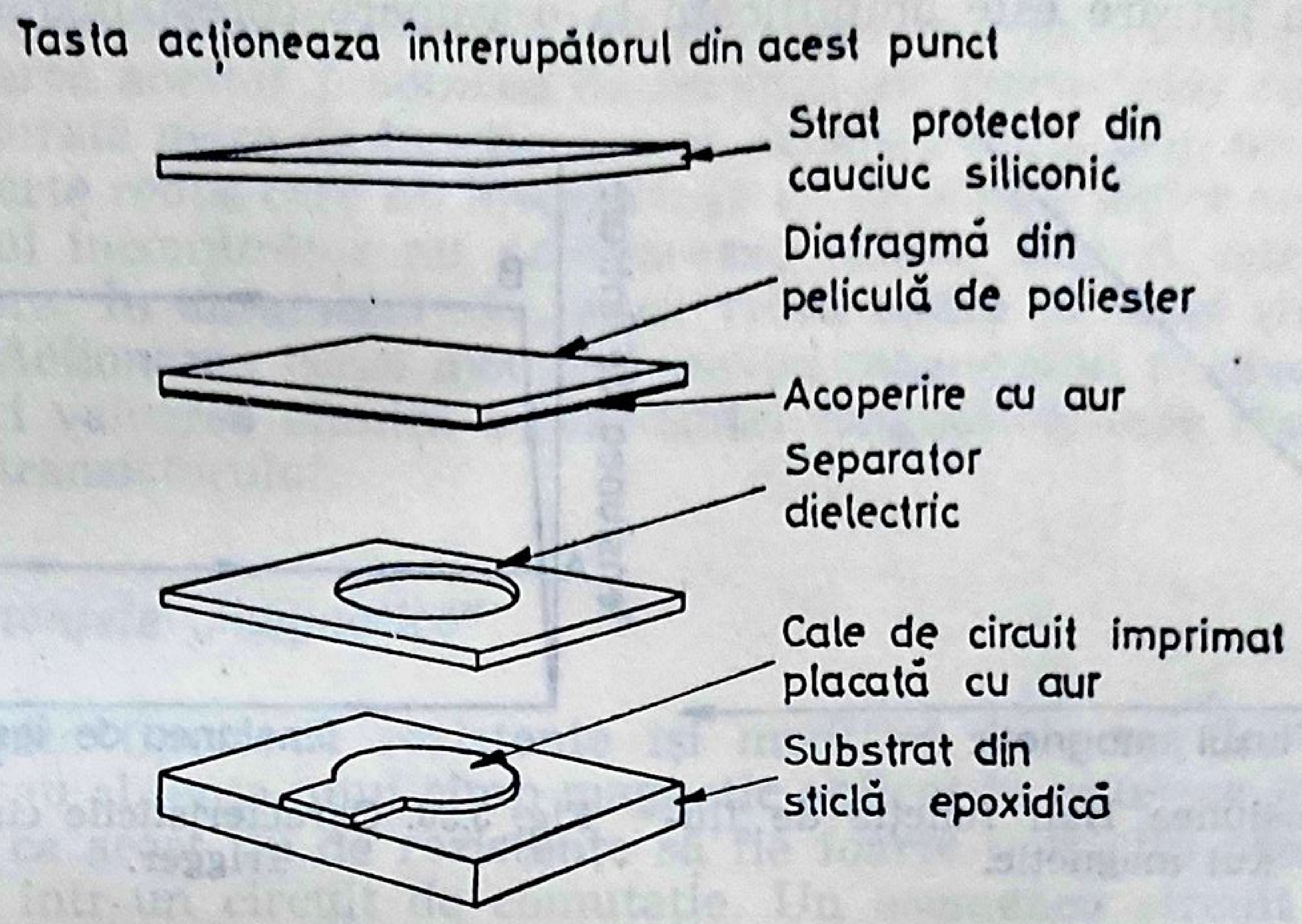

Tasta acţioneaza întrerupătorul din acest punct
Strat protector din cauciuc siliconic
Diafragmă din peliculă de poliester
Acoperire cu aur
Separator dielectric
Cale de circuit imprimat placată cu aur
Substrat din sticlă epoxidică

Fig. 5.35. Tasta cu contact necodificabil.

Releele cu efect Hall

Ed. H. Hall, profesor la Universitatea John Hopking a descoperit efectul care-i poartă numele, în anul 1879. Folosind un conductor subţire din Aur, străbătut de un curent cu amplitudine controlată, el a descoperit că atunci cînd un magnet este plasat într-o poziţie în care cîmpul său este perpendicular pe una din feţele conductorului pătrat şi în direcţia curentului electric, la capetele conductorului apare o aşa numită tensiune Hall (fig. 5.36).

Astăzi în locul aurului se foloseşte Si şi întregul generator de tensiune este integrat în o capsulă de Si împreună cu un circuit de basculare şi cu circuitele amplificatoare aferente. Tensiunea furnizată de un generator Hall este funcţie de valoarea fluxului magnetic aşa cum se vede în graficul 1 din fig. 5.37.

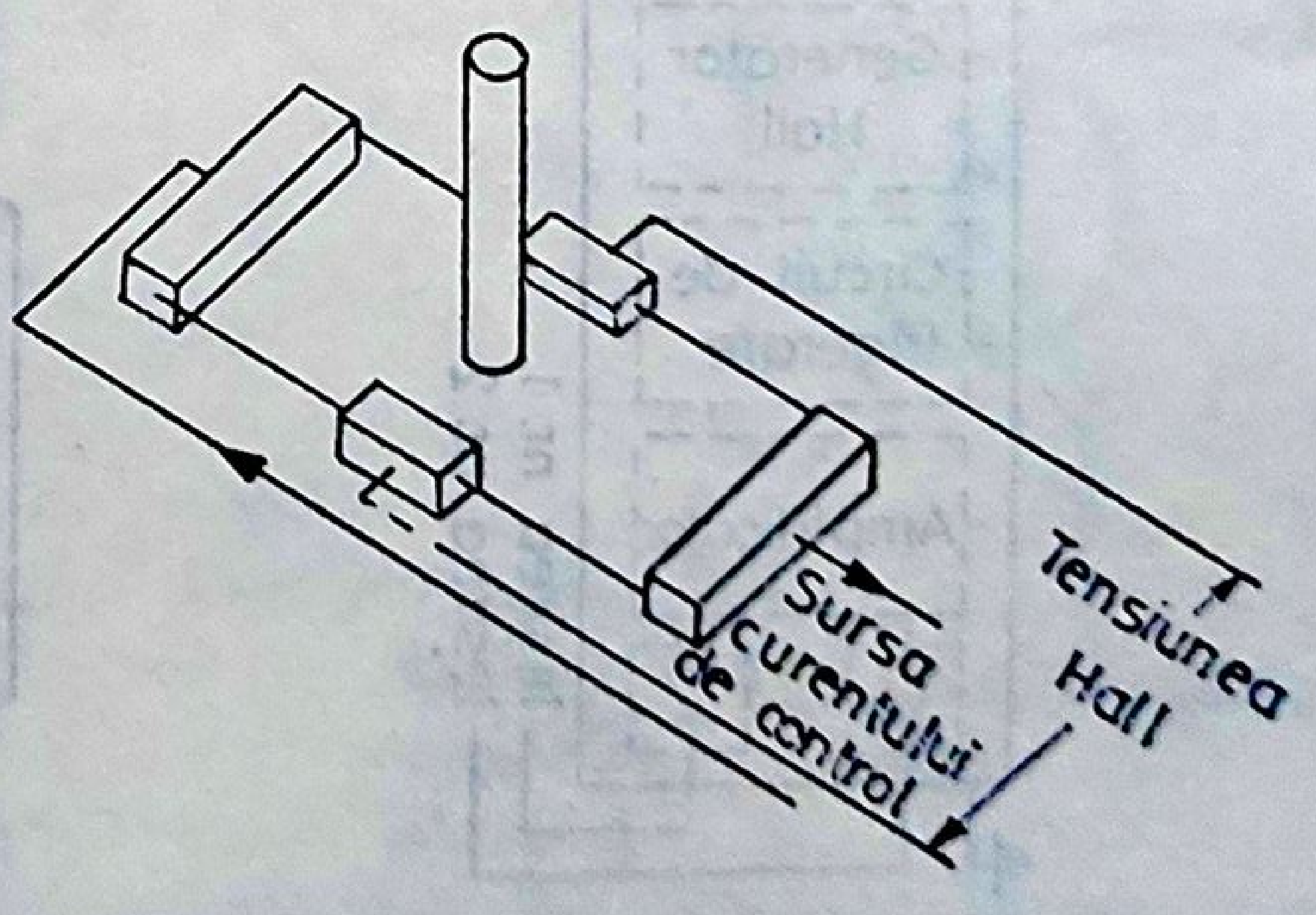

Sursa curentului de control
Tensiunea Hall

Fig. 5.36. Efectul Hall.

Tensiunea Hall depinde linear de fluxul magnetic şi de aceea nu poate fi folosită pentru aplicaţii de comutaţie, de unde nevoia folosirii unui circuit de comutaţie cu caracteristica din graficul 2 (fig. 5.38)). Dacă tensiunea de la intrare este amplificată la o valoare corespunzînd pragului de comutare al circuitului de basculare, tensiunea de la ieşirea generatorului Hall va bascula la un nivel maxim. Micşorarea tensiunii de la intrare către un punct ce corespunde rebasculării circuitului de comutaţie, produce căderea tensiunii de la ieşirea generatorului la un nivel minim. Deci din combinarea unui generator Hall cu un circuit basculant tip „trigger Schmidt“ se realizează funcţiile releului.

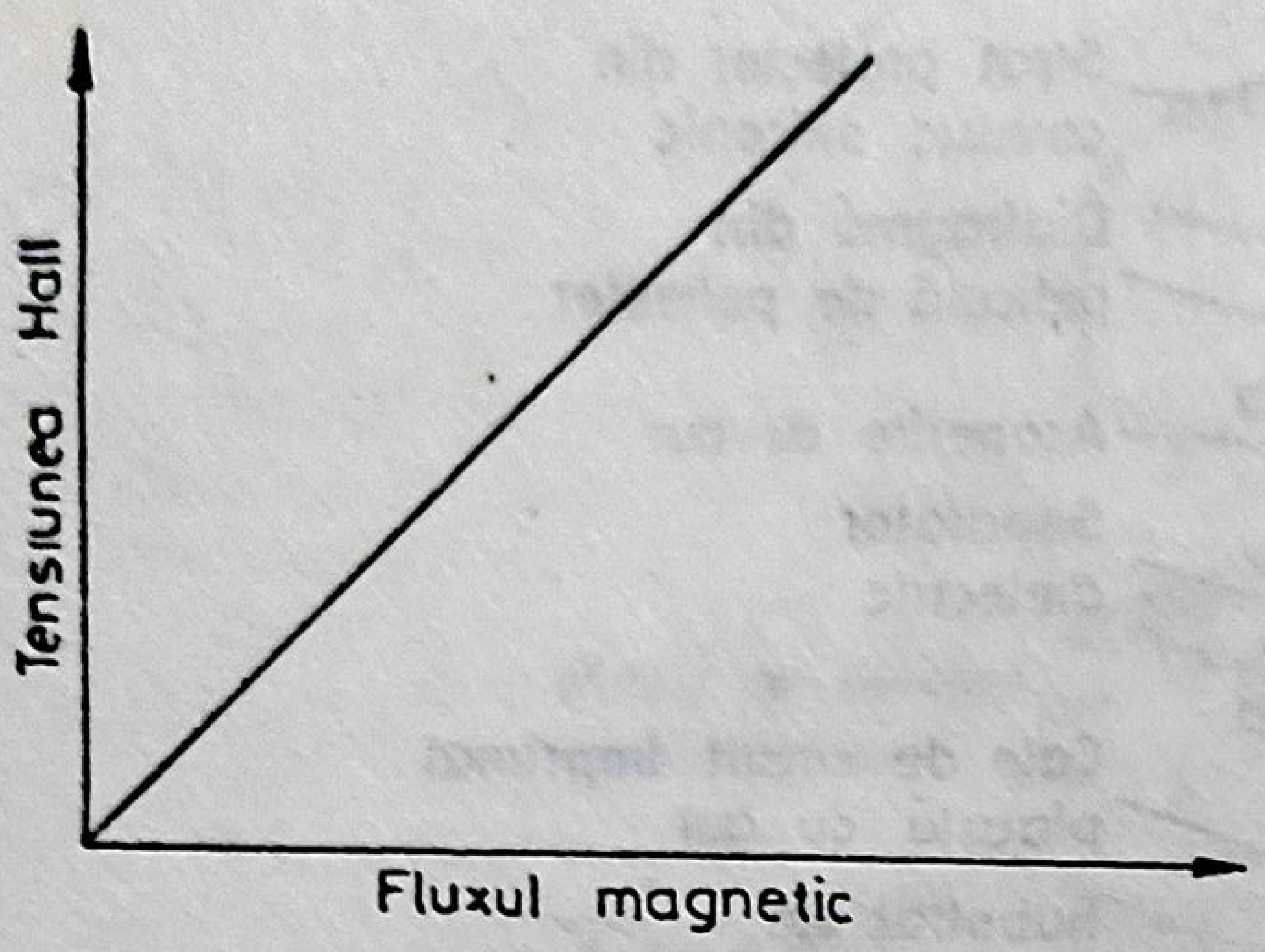


Fig. 5.37. Tensiunea Hall funcţie de fluxul magnetic.

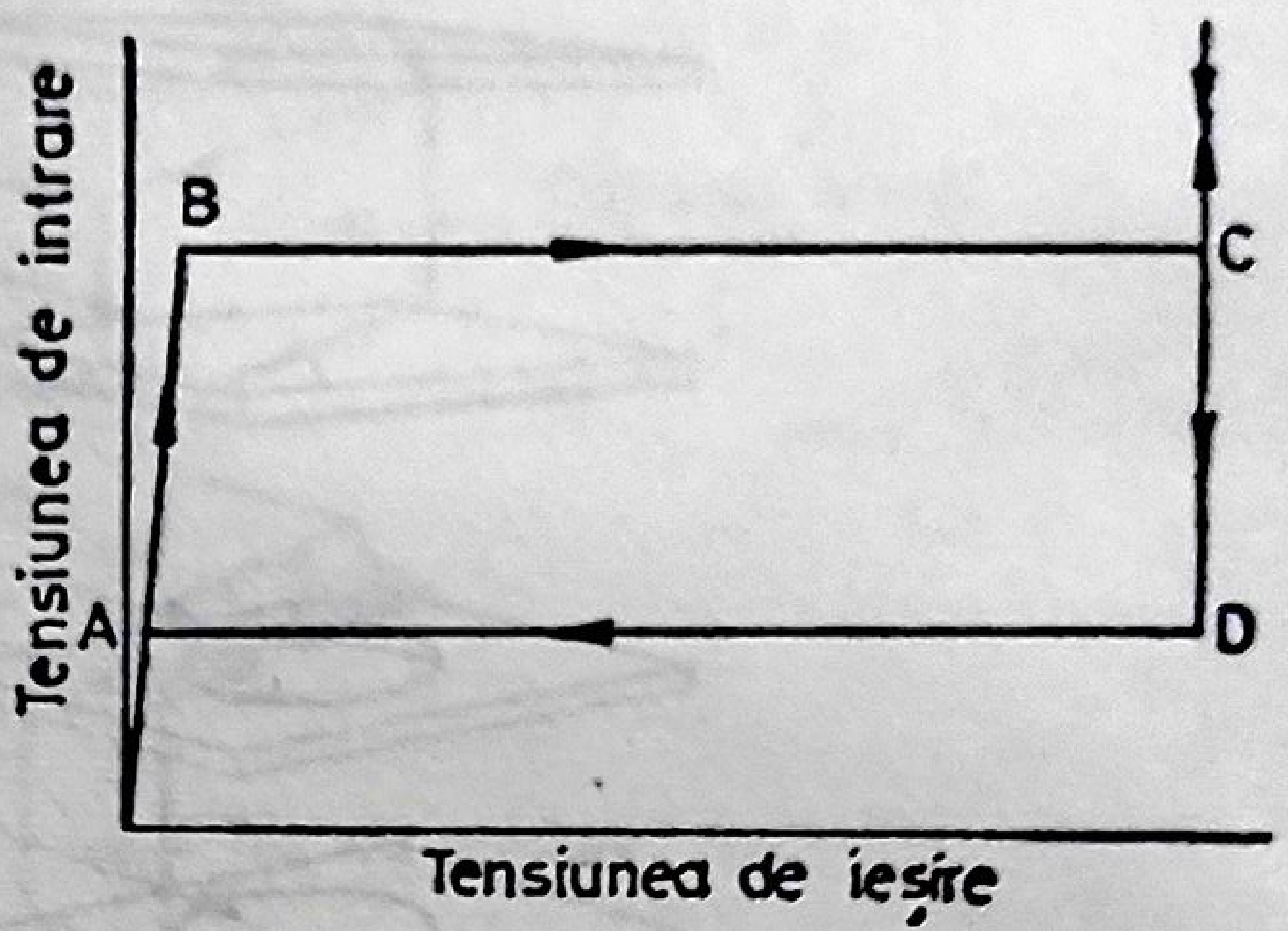


Fig. 5.38. Caracteristicile circuitului Trigger.

Tastaturile alfanumerice ce conţin taste în care sînt incluse elemente cu efect Hall folosesc taste în care un circuit integrat de 1 mm² conţine un generator Hall, un circuit trigger Schmidt şi un amplificator (fig. 5.39). Atunci cînd cîmpul magnetic al magnetului permanent ataşat

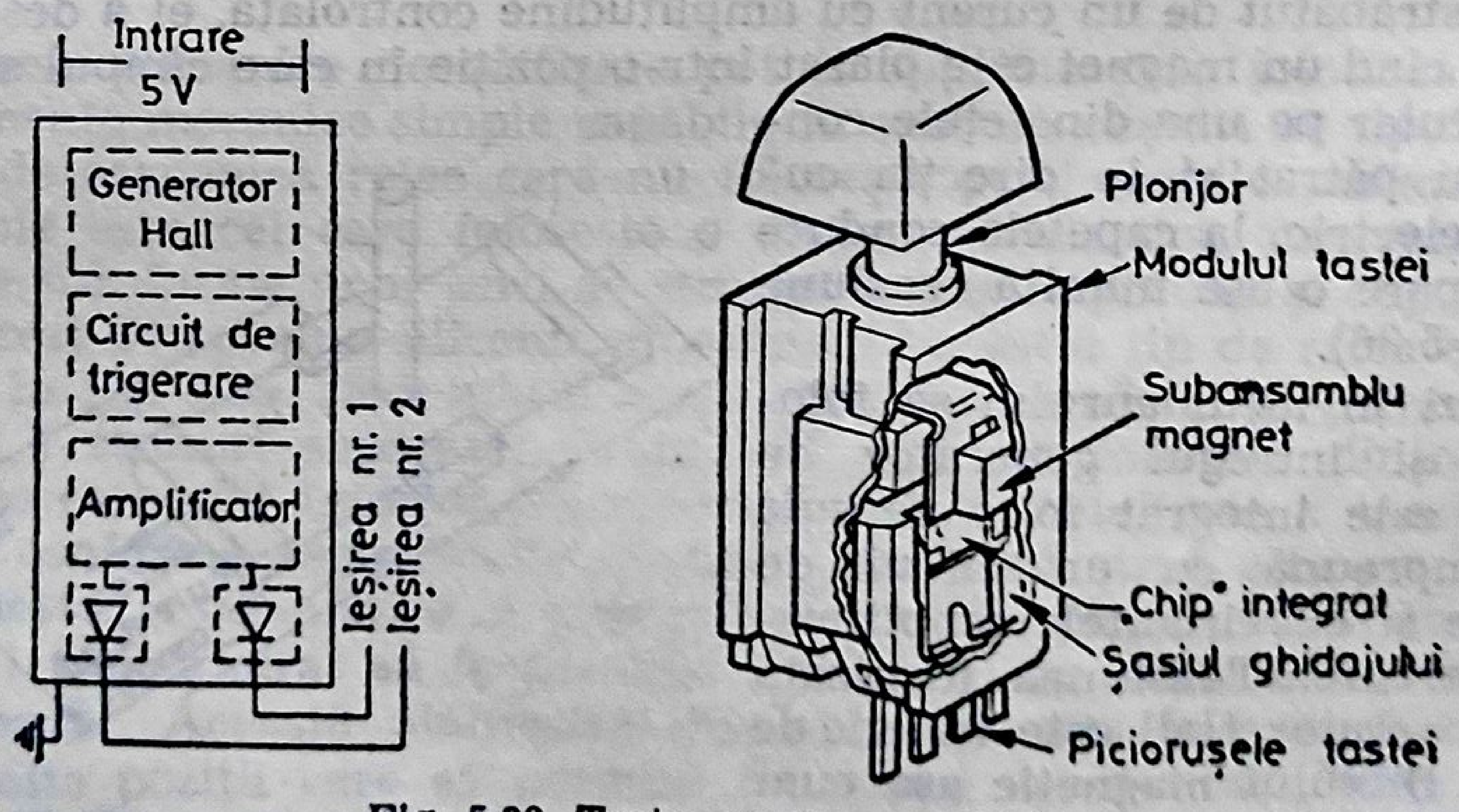

Intrare
5 V
Generator Hall
Circuit de trigerare
Amplificator
Ieşirea nr. 1
Ieşirea nr. 2
Plonjor
Modulul tastei
Subansamblu magnet
„Chip" integrat
Şasiul ghidajului
Picioruşele tastei

Fig. 5.39. Tasta cu element Hall.

tijei tastei provoacă creşterea tensiunii Hall, triggerul Schmidt o transformă în o formă digitală care apoi este amplificată. Cum comutarea releului apare electronic fără fenomenul de oscilaţie a contactului, nu este necesară folosirea unor linii de întîrziere sau a altor circuite specializate în înlăturarea acestor fenomene de oscilaţii ale contactelor releului. Acest releu cu durată mare de funcţionare se caracterizează prin un fenomen de zgomot foarte redus care nu interferează cu sistemele logice convenţionale.

Mediul înconjurător nu deteriorează releul, deşi el este sensibil cu temperatura. În ansamblul său, acest releu apare ca fiind similar cu cel mecanic. Acţionarea tastei modifică poziţia magnetului permanent faţă de placă, deci valoarea ohmică a rezistenţei magnetice, care conduce la comutarea tranzistorului.

Rezistenţele „magnetice“

Anumite tipuri de rezistenţe îşi modifică valoarea lor ohmică în prezenţa sau absenţa unui cîmp magnetic aplicat în exterior şi acest fenomen face ca acest tip de rezistenţe să fie foarte potrivite pentru a fi încorporate într-un circuit de comutaţie. Un asemenea circuit este arătat în fig. 5.40 unde o variaţie a valorii rezistenţei este produsă prin aplicarea unui flux electromagnetic ceea ce face să se modifice tensiunea de polarizare a întregului montaj, producîndu-se saturarea sau blocarea tranzistorului.

Aceste rezistenţe controlate magnetic sînt confecţionate din antimoniu de indium, material a cărei rezistenţă se modifică proporţional cu pătratul fluxului aplicat. Variaţii ohmice de ordinul 5 : 1 şi chiar mai mari se obţin în mod curent. Asemenea relee nu prezintă fenomene de oscilaţii de contact şi deci nu necesită folosirea unor circuite de întîrziere.

Cum comutaţia între cele 2 stări ale releului se obţine prin intermediul tranzistorului, este posibilă o interfaţă directă a acestui releu cu circuitele logice de codificare.

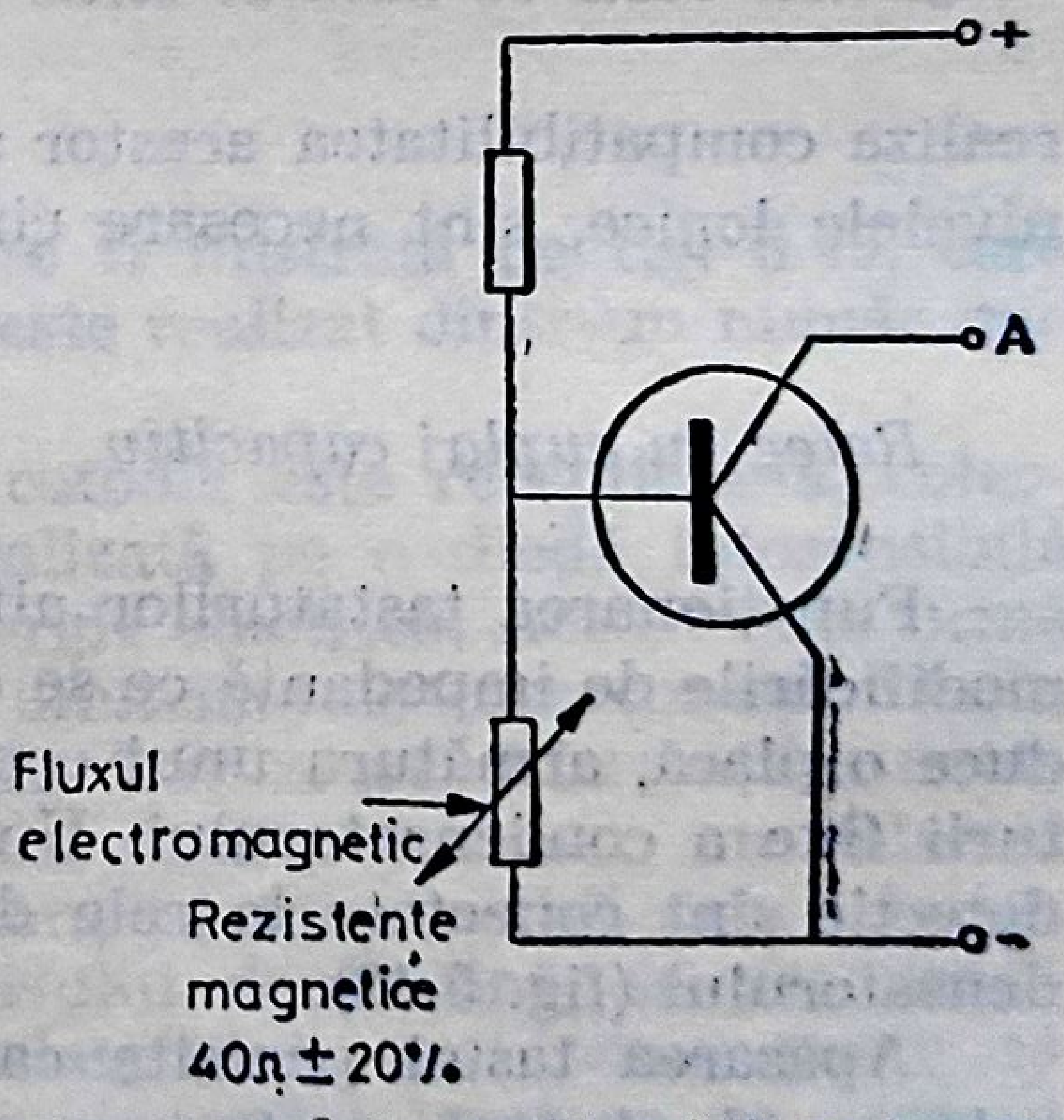


Fig. 5.40. **Întrerupător integrat controlat magnetic.**

Releele cu inele de ferită

În fig. 5.41 este prezentat ansamblul unui releu cu inel de ferită care înglobează un inel mic şi fix de ferită prin care trec fire de comandă şi citire a stării. Un semnal de 500 kHz aplicat pe firele de co-

comandă este cuplat la firul de citire prin comportarea de transformator a inelului de ferită, în cazul în care acesta din urmă nu e saturat de un cîmp aplicat din exterior. De îndată ce se aplică un cîmp magnetic prin intermediul a doi magneţi, inelul de ferită se saturează, inhibînd acţiunea sa ca transformator şi împiedicînd cuplarea semnalului de 500 kHz în linia de citire a stării. În această situaţie releul este în poziţia sa neanclanşată. Deplasarea tijei prin apăsarea tastei produce depărtarea magneţilor faţă de inelul de ferită şi permite astfel transferarea semnalului de 500 kHz în conductorul de citire a stării care preluat de un circuit de rectificare şi filtrare este convertit din tensiune alternativă în tensiune continuă.

Creşterea numărului de fire de citire prin inelul de ferită uşurează codificarea stărilor releului. Întregul ansamblu al releului devine autocodificabil numai dacă un anumit număr de fire de citire a stării sînt prezente în interiorul inelului de ferită. Oricum, pentru a se realiza compatibilitatea acestor semnale de pe firele de citire a stării cu nivelele logice, sînt necesare circuite suplimentare de interfaţă.

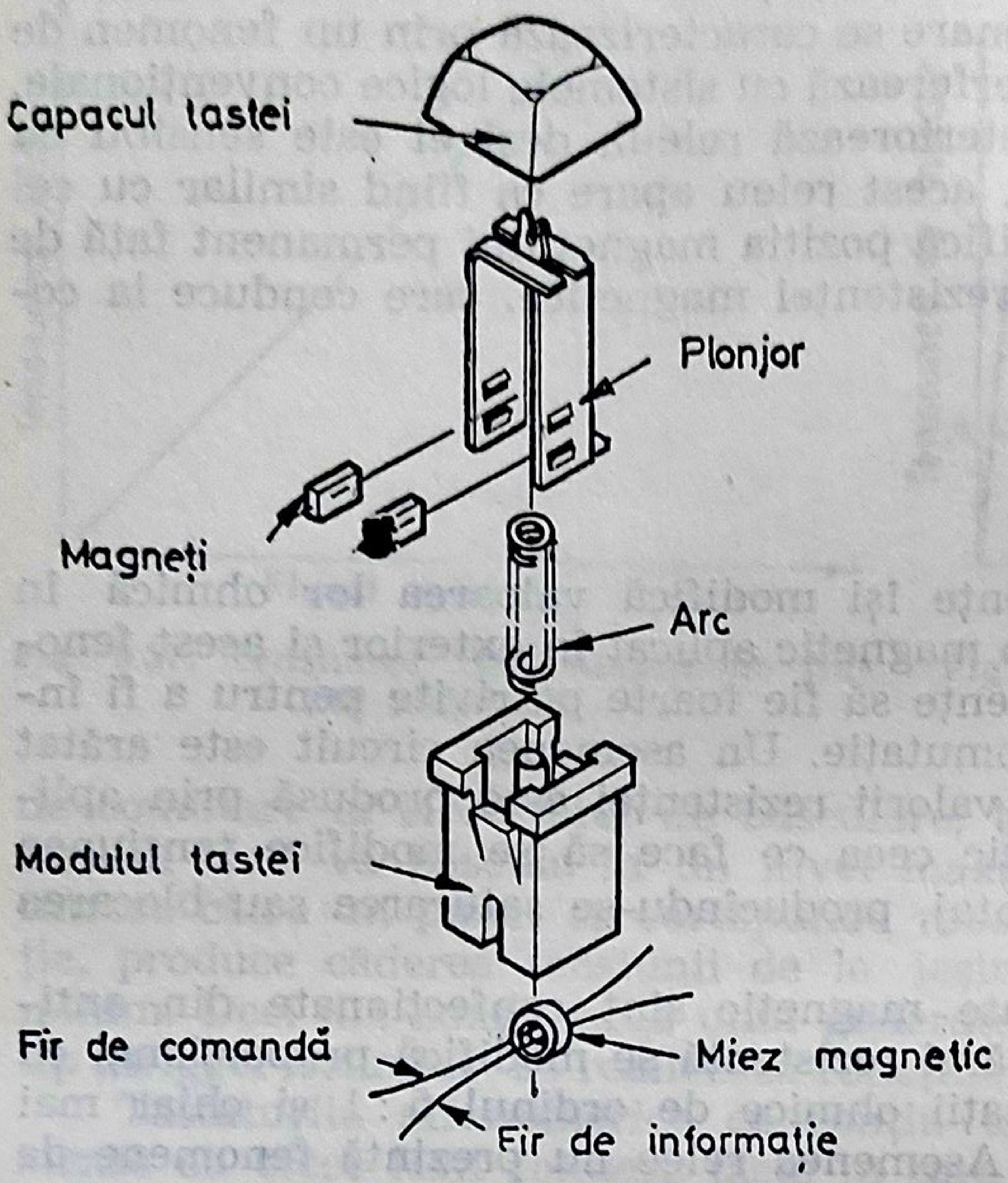


Fig. 5.41. Tastă cu miez de ferite saturabil.

Relee cu cuplaj capacitiv

Funcţionarea tastaturilor alfanumerice cu astfel de relee depinde de modificările de impedanţă ce se obţin cînd la apăsarea unei taste se introduce o placă, armătura unui condensator între cele 2 jumătăţi ale armăturii fixe a condensatorului. Un oscilator şi un circuit de amplificare şi detecţie sînt conectate la cele două jumătăţi ale armăturii fixe ale condensatorului (fig. 5.42).

Apăsarea tastei permite ca armătura mobilă a condensatorului să coboare şi să facă contact cu materialul dielectric realizîndu-se astfel cuplarea oscilatorului la circuitul de amplificare şi detecţie. Fiecare tastă este caracterizată printr-un semnal anume atunci cînd este prelucrat de circuitele de codificare.

Sînt posibile şi alte variante în care se variază valoarea constantei dielectrice prin realizarea de ferestre de diferite mărimi şi un ecran metalic mobil şi subţire. Apăsarea tastei provoacă fie creşterea fie micşorarea valorii capacităţii de cuplare, ceea ce înseamnă închiderea sau desfacerea contactelor releului. Cînd tasta nu e apăsată, se generează un cod de 0-uri logice, iar cînd tasta este apăsată, prin configuraţii anumite corespunzătoare combinaţiilor acestor ferestre în placa de metal mobilă, se obţine o informaţie codificată specifică fiecărei taste.

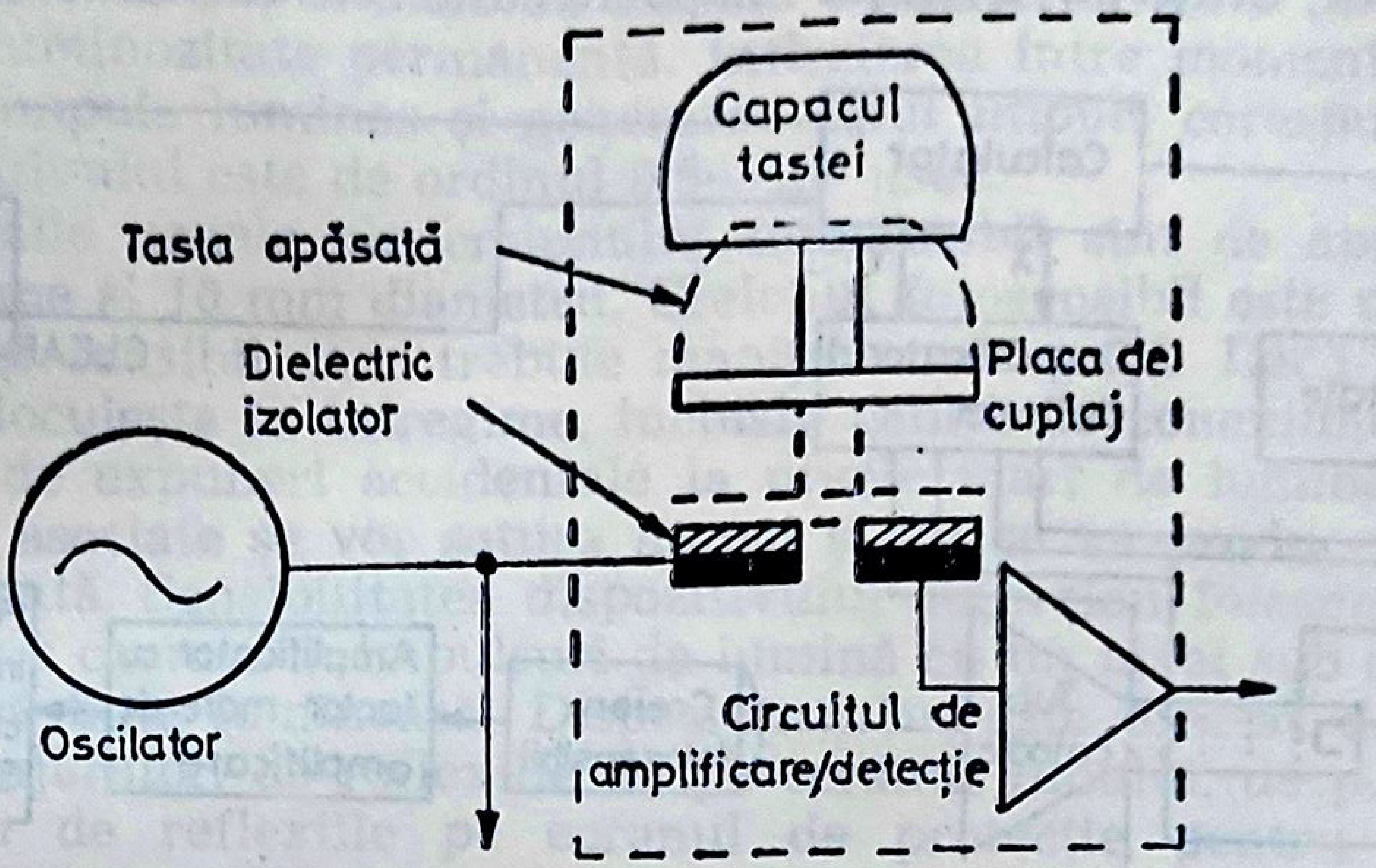


Fig. 5.42. Tasta capacitivă.

Creioanele fotosensibile

Acţiunea creionului fotosensibil poate fi ilustrată de fig. 5.43, care arată că un asemenea creion fotosensibil este realizat dintr-un număr mic de elemente independente.

Lumina emisă de fosfor pe un tub catodic este recepţionată, colectată de sistemul optic al creionului, localizată pe o diodă fotosensibilă care converteşte energia luminoasă în energie electrică. Aceasta din urmă este amplificată şi prelucrată sub forma unui impuls care corespunde în timp real emisiei luminoase. Acest impuls furnizează informaţiile necesare unor circuite de control care verifică dacă a fost sau nu detectat impulsul de lumină. Cum semnalul creionului fotosensibil apare la un moment de timp care corespunde impulsului de lumină, se produce o întrerupere simultană a activităţii calculatorului, care acum poate să prelucreze datele reprezentate de ieşirea ecranului luminos pe ecranul tubului şi poate memora pînă ce s-a terminat execuţia instrucţiunii.

Programele ce folosesc creioane fotosensibile pot fi utilizate în sisteme complexe de trasare grafică.

Dispozitivul cu creion fotosensibil constă dintr-un receptor optic ușor ce se ține în mînă, de mărimea și de greutatea unui toc rezervor și un amplificator integrat. Funcția dispozitivului cu creion fotosensibil este de a produce un impuls la ieșire care să fie acceptat de circuitele de intrare ale calculatorului indiferent de poziția creionului pe ecranul tubului (fig. 5.44).

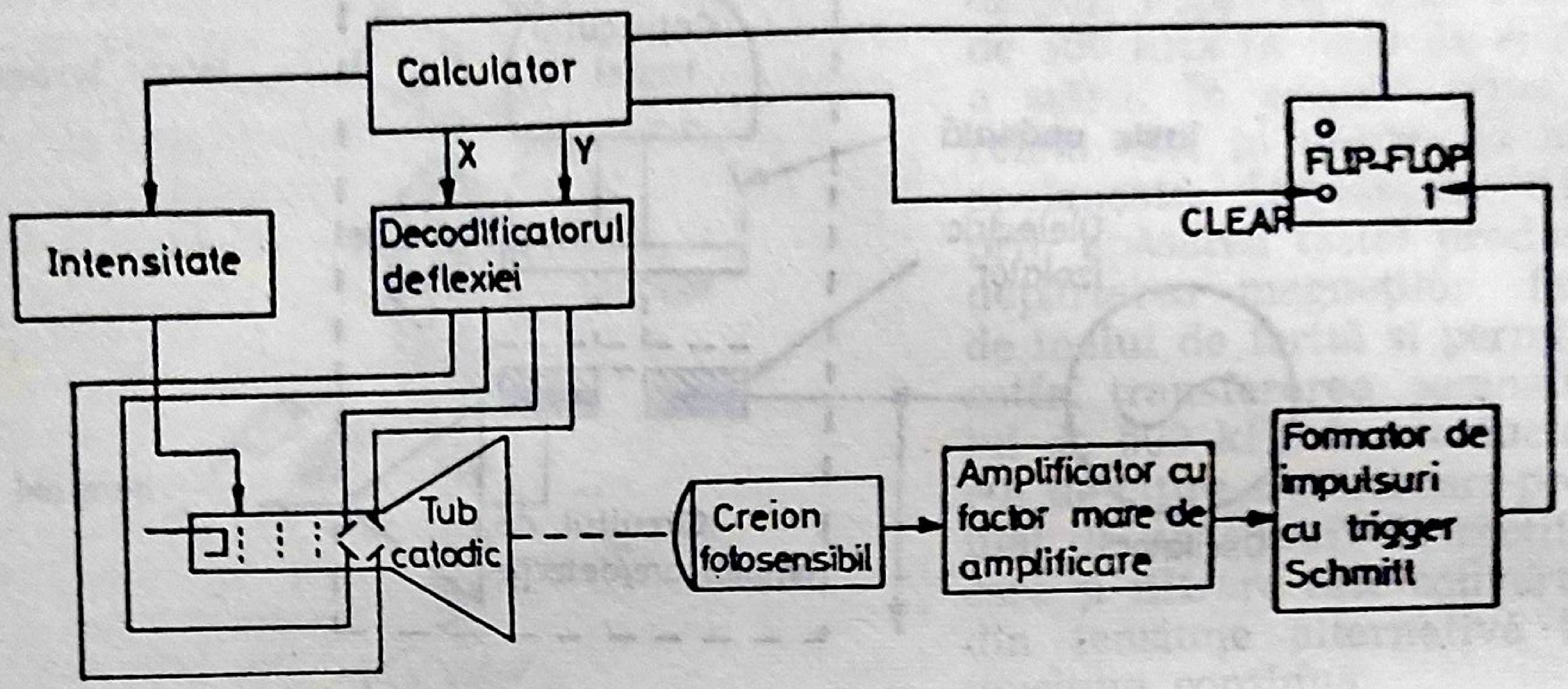

Calculator
X
Y
Intensitate
Decodificatorul deflexiei
FLIP-FLOP
0
1
CLEAR
Tub catodic
Creion fotosensibil
Amplificator cu factor mare de amplificare
Formator de impulsuri cu trigger Schmitt

Fig. 5.43. Diagrama bloc a unui sistem cu creion fotosensibil.

Creionul fotosensibil acceptă energia luminoasă numai pe o mică suprafață a ecranului, precis definită de un cilindru de identificare al creionului.

Impulsurile luminoase din această suprafață bine definită, sînt detectate de un fototranzistor și transmise pe un cablu de conexiune către amplificator. Acest impuls este amplificat folosind o logică cu prag pentru eliminarea zgomotului și aplicat unui monostabil care produce un impuls standardizat pentru orice impuls luminos detectat de dispozitivul

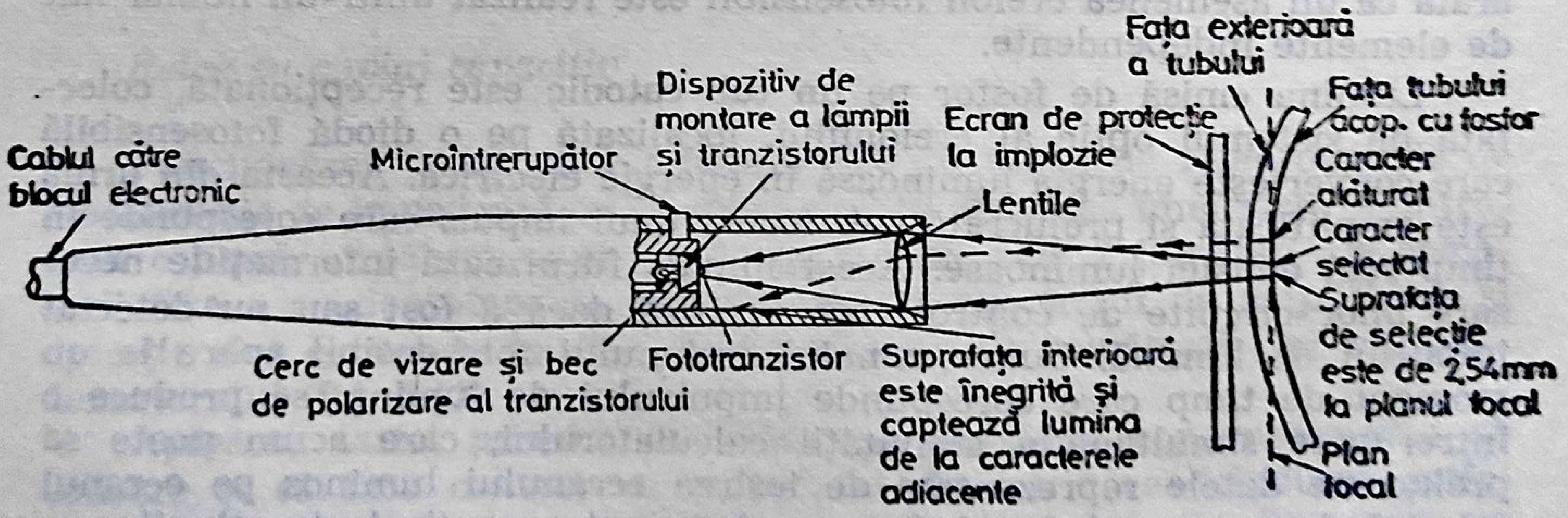

Fața exterioară a tubului
Dispozitiv de montare a lămpii și tranzistorului
Fața tubului acop. cu fosfor
Ecran de protecție la implozie
Cablul către blocul electronic
Microîntrerupător
Caracter alăturat
Lentile
Caracter selectat
Suprafața de selecție este de 2,54mm la planul focal
Cerc de vizare și bec de polarizare al tranzistorului
Fototranzistor
Suprafața interioară este înegrită și captează lumina de la caracterele adiacente
Plan focal

Fig. 5.44. Secțiune transversală printr-un creion fotosensibil.

cu creion fotosensibil. Prin intermediul unui microîntrerupător montat pe cîmpul creionului se realizează semnalul de la ieşirea creionului numai atunci cînd poziţionarea sa într-un anumit punct pe ecran este precisă. Sistemul cu creion fotosensibil are un timp de răspuns foarte mic şi detectează numai impulsurile de lumină tranzitorie, fiind insensibil la condiţiile de luminozitate permanentă. Întîrzierea între momentul recepţionării unui impuls luminos şi generarea unui impuls corespunzător la ieşirea dispozitivului este de ordinul 0,5—1,0 µsec.

Dimensiunile uzuale ale creionului fotosensibil sînt de aproximativ 130 mm lungime şi 16 mm diametru. Creionul fotosensibil este un instrument delicat şi sensibil care trebuie manipulat cu grijă. Dacă se defectează el se înlocuieşte în întregime, inclusiv cablul de conexiune. El este protejat faţă de expuneri accidentale la nivele mari de lumină întrucît tranzistoarele asociate se vor satura numai şi nu se va produce o defecţiune permanentă. Sensibilitatea dispozitivului cu creion fotosensibil este reglată pentru a comuta la impulsuri de lumină cu un nivel sub cel vizual dintr-o cameră bine luminoasă. Dispozitivul nu este afectat de lumina mediului înconjurător, de reflexiile de pe ecranul tubului, de persistenţa fosforului sau de reflexiile pe ecranul de protecţie pentru implozia tubului.

Dispozitive de intrare cu fire sensibile la atingere

Aceste dispozitive, împreună cu datele asociate pe tubul dispozitivului de afişare reprezintă un sistem programabil de introducere a datelor în calculator. Acest sistem este alcătuit din două tipuri de dispozitive şi anume tubul cu reţea de fire sensibile la atingere şi dispozitivul electronic interconectat prin mai multe cabluri coaxiale.

Tubul cu reţea de fire sensibile la atingere constă dintr-un număr de mici fire înglobate în ecranul transparent care se depune peste tubul catodic, numărul acestor fire depinzînd de domeniul de aplicaţie, nedepăşind uzual cifra 30 aşa cum se arată în fig. 5.45 şi în fig. 5.46.

Dispozitivul electronic conţine punţi, circuite de detecţie, circuite de codificare, registrul de ieşire, amplificatoarele de cablu şi logica de protecţie. Aceste fire sînt conectate la punţi capacitive şi orice neechilibrare a acestor punţi datorită atingerii cu degetul a unui fir, conduce la generarea unui semnal care este amplificat, format şi modulat în fază. Fiecare punte este asociată unor perechi de fire, detectorul de fază sesizînd care fir din pereche a fost atins. Atunci cînd se detectează un semnal, un cuvînt binar este generat în registrul de ieşire. Acest cuvînt conţine un bit care indică o atingere şi un cod unic care defineşte care fir a fost atins. Cuvîntul este extras serial din acest registru către circuitul de cablu. O logică adiţională inseriază şi biţii caracterelor telefonice standard, „START“ şi „SFÎRŞIT“. Emiţătorul de cablu amplifică semnalul la tensiunile de transmisie corespunzătoare standardului CCITT.

Semnalul la ieşirea unui asemenea sistem este identic cu cel de la ieşirea unui teleimprimator, a unei teletype sau a oricărui alt dispozitiv similar. Semnalul la ieşire este semnalul corespunzător standardului CCITT iar viteza de transmisie poate fi reglată la diverse viteze standard

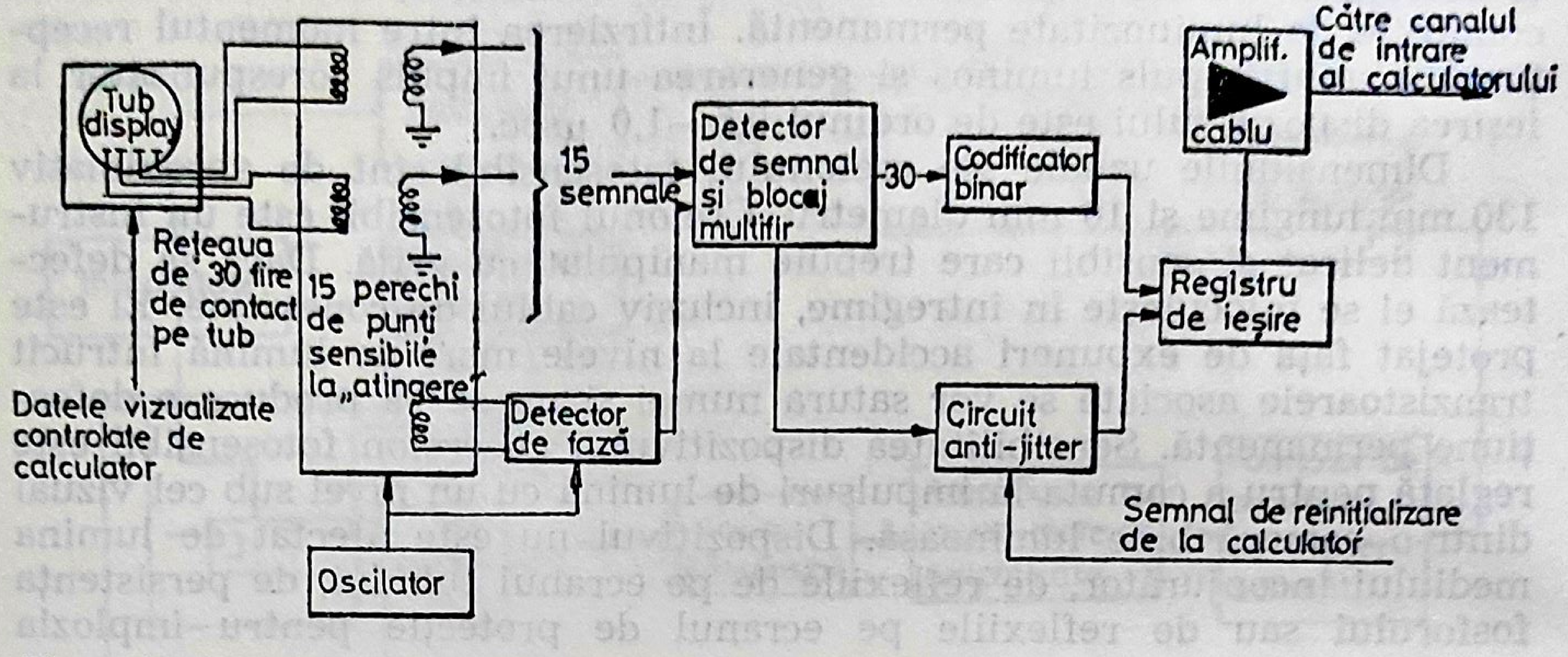

Tub display
Reţeaua de 30 fire de contact pe tub
Datele vizualizate controlate de calculator
15 perechi de punţi sensibile la „atingere”
15 semnale
Detector de semnal şi blocaj multifir
30
Codificator binar
Amplif. cablu
Către canalul de intrare al calculatorului
Registru de ieşire
Detector de fază
Circuit anti-jitter
Oscilator
Semnal de reiniţializare de la calculator

Fig. 5.45. Diagrame bloc pentru un sistem cu taste cu reţea sensibile la atingere.

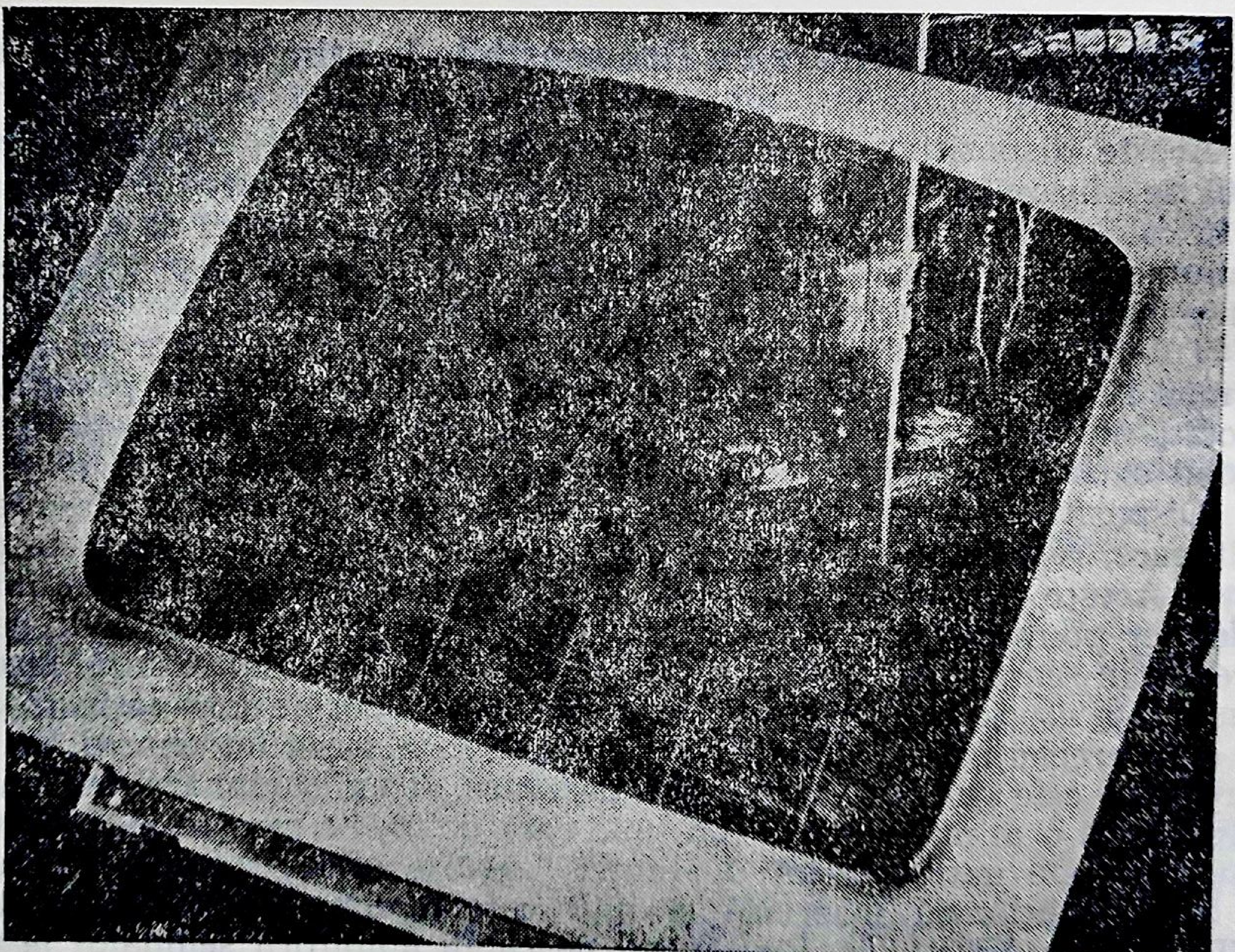


Fig. 5.46. Ecran transparent cu reţea.

de transmisie. De exemplu la o viteză de transmisie de 200 biţi/sec, dispozitivul va da un timp de răspuns de 500 ms.

Cuvîntul de date de la ieşirea dispozitivului este introdus într-un calculator prin intermediul unui canal standard de comunicaţii (exemplu teleimprimator).

După ce recepţionează bitul care indică că a fost atins un fir, calculatorul codifică identitatea firului atins şi ia măsurile adecvate, în general modificînd datele prezente pe tubul de afişare şi iniţializînd sistemul cu fire în vederea unei acţionări viitoare.

Dispozitive de sesizare a poziţiei cu bile rotitoare

Acest dispozitiv este folosit în sistemele de control ale traficului aerian şi în cele de apărare antiaeriană. El permite acestor dispozitive de control să fie acceptate în configuraţia unui calculator care să calculeze coordonatele poziţiei ţintei de pe ecran prin poziţionarea unui semn simbolic de sesizare prin intermediul sesizorului cu bilă peste ţinta căutată şi să le compare cu cele ale ţintei de pe ecran. Dacă sarcina este ea însăşi un simbol de sesizare ale cărui coordonate sînt deja introduse în calculator, simbolul de sesizare poate fi poziţionat în imediata apropiere a ţintei căutate. Programul calculatorului va selecta ţinta cea mai apropiată de simbolul de sesizare acesta din urmă fiind poziţionat de calculator, sub controlul sesizorului cu bilă rotitoare.

Deplasarea sesizorului cu bilă face ca dispozitivul să genereze periodic semnalele care sînt transmise calculatorului ele reprezentînd deplasarea sesizorului cu bilă în axele de coordonate x şi y. Aceste semnale recepţionate secvenţial sînt însumate de calculator, datele respective fiind folosite pentru poziţionarea simbolului de sesizare. Deci orice deplasare a sesizorului cu bilă produce o mişcare corespunzătoare a simbolului de sesizare.

Cînd e poziţionat deasupra punctului care interesează, se apasă butonul „ENTER“ de pe sesizor ceea ce indică calculatorului că simbolul a fost adus în poziţia dorită. Acelaşi buton poate fi utilizat pentru a iniţializa programul corespunzător din calculator.

Dispozitivul de sesizare cu bilă conţine deci sesizorul cu bilă, butonul „ENTER“, electronica de codificare şi transmisie şi electronica de alimentare.

Singurele conexiuni externe necesare sînt cele pentru alimentarea de la reţea şi cablul coaxial de conectare la calculator. Conexiunile la calculator pot fi multiplexate şi de alte dispozitive de intrare ca tastaturile alfanumerice de exemplu, accesibile aceluiaşi operator, prioritatea dispozitivului de sesizare cu bilă rotitoare fiind minimă.

Proiectarea electromecanică

Dispozitivul cu bilă rotitoare are dimensiuni de aproximativ 25×25×10 cm și este montat într-o consolă prin intermediul a 4 șuruburi. Bila însăși este confecționată din coralzită cu un diametru de aproximativ 10 cm și se poate roti în jurul axelor în orice direcție (fig. 5.47). Există mai multe variante constructive. O astfel de variantă folosește două roți mici de nylon care sînt montate pe periferia rolei așa încît rotirea bilei

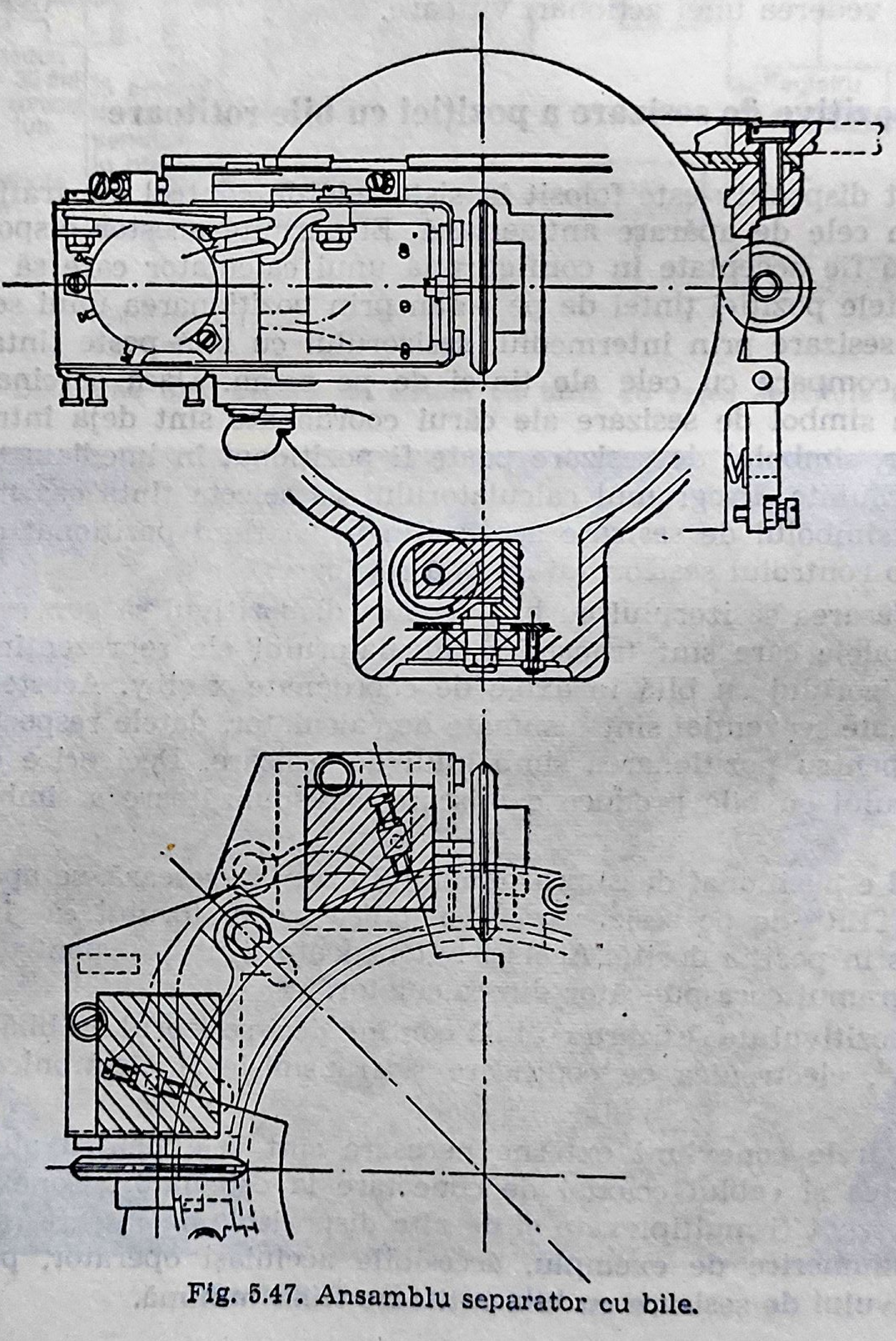


Fig. 5.47. Ansamblu separator cu bile.

produce rotirea rolelor de nylon. Pozițiile rotative ale celor 2 roți de nylon sînt astfel încît una din roți produce mișcarea bilei în planul x la stînga sau la dreapta și cealaltă roată produce mișcarea bilei în planul y, înainte sau înapoi.

Pe axul fiecărei roți este montat un circuit de digitizare bifazică. Deci mișcarea bilei în orice direcție provoacă generarea de trenuri de impulsuri digitale bifazate, unul proporțional cu mișcarea bilei în planul x și celălalt proporțional cu mișcarea bilei în planul y.

Fiecare circuit de digitizare bifazică este format dintr-un disc rotativ a cărui periferie este crenelată așa încît să poată asigura roata.

O lampă este montată astfel încît lumina sa să fie îndreptată către un sector al discului. Pe fața opusă a discului sînt montate două dispozitive fotosensibile astfel poziționate încît calea de lumină de la lampă către ele să fie întreruptă de crenelurile discului.

Cele două dispozitive fotosensibile sînt separate una față de alta la o distanță egală cu jumătatea distanței dintre creneluri.

Ieșirile celor două dispozitive fotosensibile sînt 2 trenuri de impulsuri identice defazate la 90°. Canelurile sînt de forma 1 : 1.

Dispozitivele fotosensibile pot fi înlocuite cu două circuite electromagnetice de digitizare la care arborii alungiți asigură un contact cu ansamblul cu bila rotitoare prevăzut cu arc de tensionare (fig. 5.48).

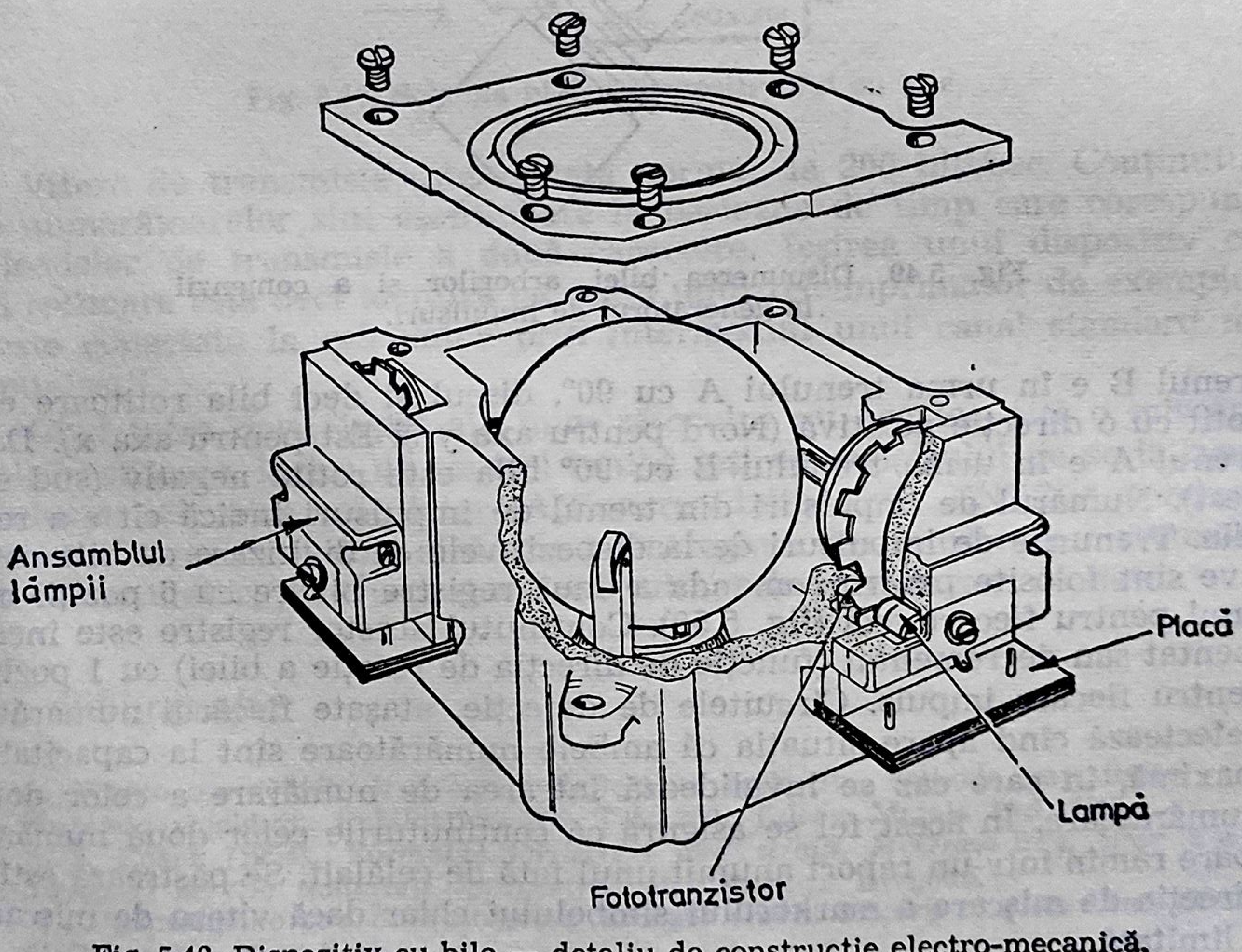


Fig. 5.48. Dispozitiv cu bile — detaliu de construcție electro-mecanică.

Fiecare dispozitiv electromecanic de digitizare e alcătuit dintr-un disc cu 4 piste, şi cu o combinaţie de 32 biţi şi cu un set de perii de culegere a semnalelor. La ieşirea circuitului de digitizare se obţine un tren de impulsuri în fază cu informaţiile electrice a direcţiei în care se roteşte bila (fig. 5.49). Cele 2 trenuri de impulsuri sînt notate cu A şi B. Dacă trenul B e în urma trenului A cu 90°, discul şi deci bila rotitoare este rotit cu o direcţie pozitivă (Nord pentru axa y şi Est pentru axa x). Dacă trenul A e în urma trenului B cu 90° bila este rotită negativ (sud sau vest). Numărul de impulsuri din trenul de impulsuri indică cît s-a rotit bila. Trenurile de impulsuri de la dispozitivele de digitizare cu bile rotative sînt folosite pentru comanda a două registre binare cu 6 poziţii cîte unul pentru fiecare axă (fig. 5.50). Conţinutul acestor registre este incrementat sau decrementat (funcţie de direcţia de rotaţie a bilei) cu 1 poziţie pentru fiecare impuls. Circuitele de detecţie, ataşate fiecărui numărător detectează cînd apare situaţia că ambele numărătoare sînt la capacitatea maximă, în care caz se invalidează intrarea de numărare a celor două numărătoare. În acest fel se asigură că conţinuturile celor două numărătoare rămîn într-un raport anumit unul faţă de celălalt. Se păstrează astfel direcţia de mişcare a markerului simbolului chiar dacă viteza de mişcare e limitată.

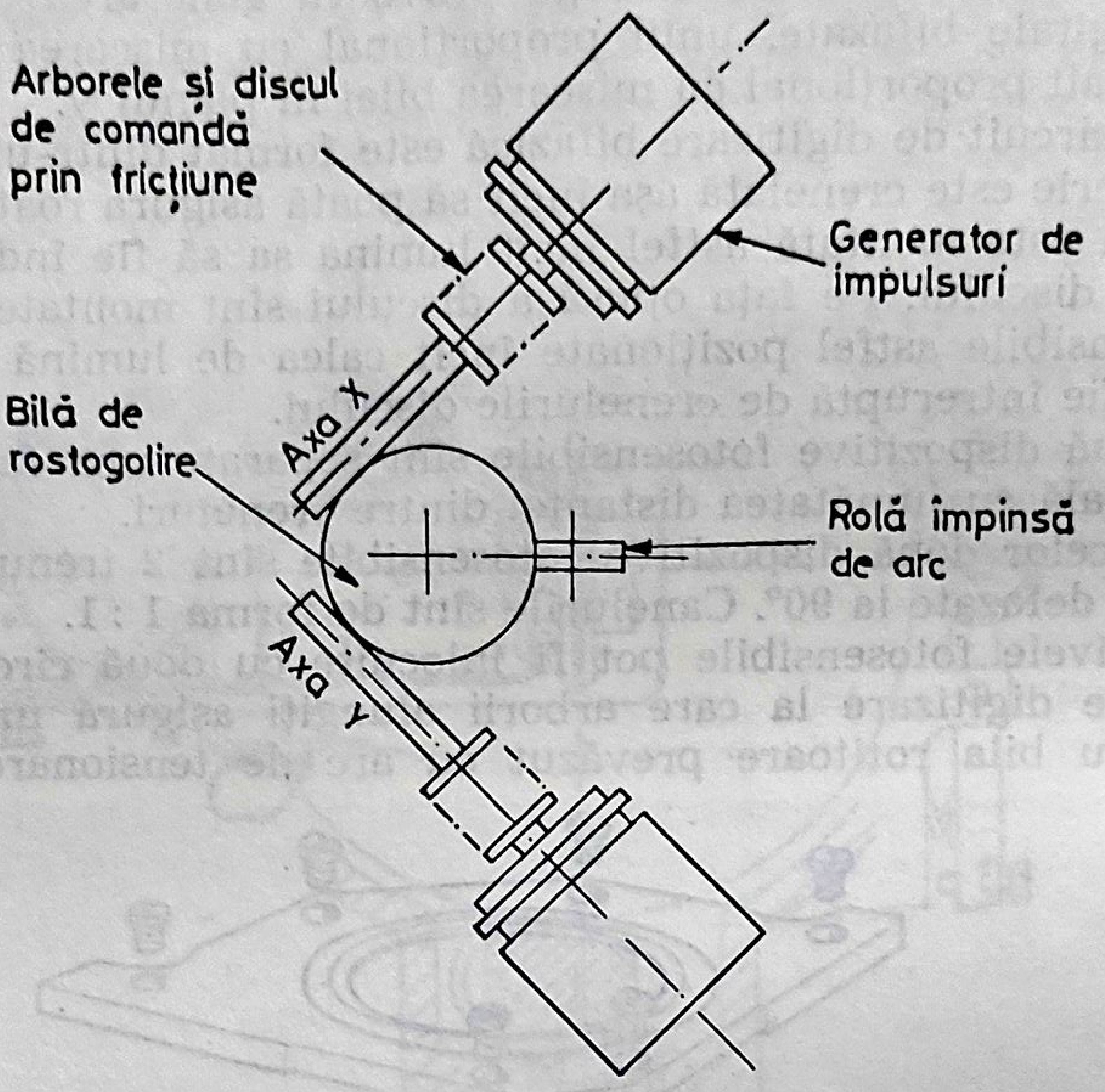


Fig. 5.49. Dispunerea bilei, arborilor şi a comenzii la generatorul de impulsuri.

Conținuturile celor două registre X și Y sînt transmise periodic prin intermediul unui registru de ieșire, calculatorului în formă serială. O logică adițională înseriază bitul indicator al axei și biții caracterelor telegrafice „START“ și „SFÎRȘIT“. Amplificatorul de cablu ajustează caracteristicile semnalului de ieșire la nivelele standardelor CCITT.

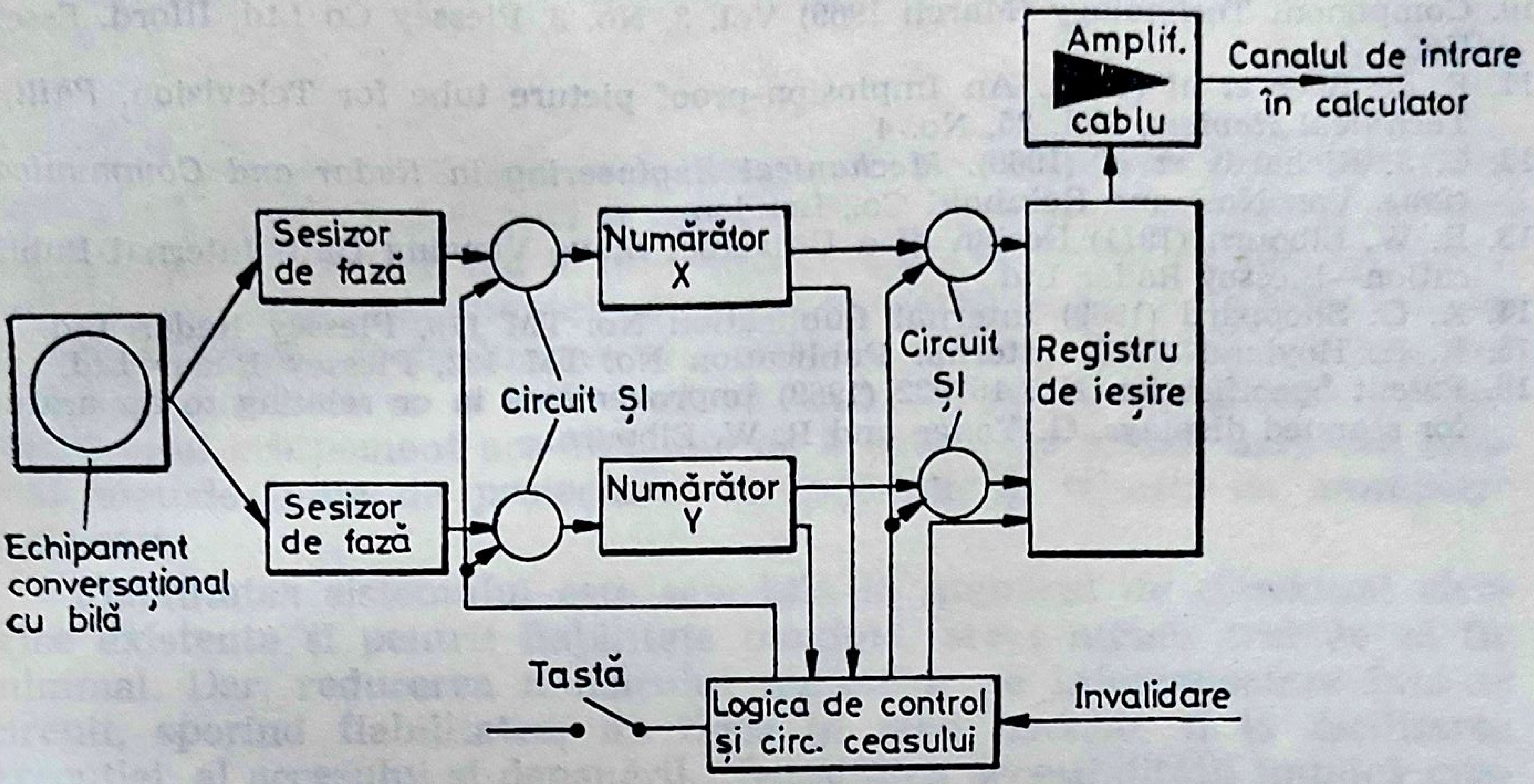

Amplif.
cablu
Canalul de intrare în calculator
Sesizor de fază
Numărător X
Circuit ȘI
Circuit ȘI
Registru de ieșire
Sesizor de fază
Numărător Y
Echipament conversațional cu bilă
Tastă
Logica de control și circ. ceasului
Invalidare

Fig. 5.50. Schema bloc a dispozitivului cu bile.

Viteza de transmisie este reglată normal, la 200 biți/sec. Conținuturile numărătoarelor sînt eșantionate la perioade de timp care corespund perioadelor de transmisie a două caractere. Ieșirea unui dispozitiv cu bilă rotitoare este deci identică cu cea a unui teleimprimator de exemplu, și este conectată la calculator prin intermediul unui canal standard de comunicații.

Cînd între două ieșiri ale numărătorului nu are loc nici o mișcare a bilei rotitoare, logica de control inhibă ieșirea registrului de serializare a informației către calculator. Acționarea butonului „ENTER“ conduce la transmiterea de coduri alcătuite în întregime din 0-uri care e recunoscut de calculator, pentru prelucrarea rutinei de introducere de date.

Bibliografie

1. A. Woroncow (1946). Iron-cored deflection coils for cathode ray tubes.
2. Magnetic shielding. Publication No. T28/1269. Telcon Metals Ltd, UK.
3. R. J. Roark (1954). *Formulas for stress and strain*. *McGraw-Hill*, New York.
4. ‚Perspex' acrylic materials—properties. ICI Plastics Division.
5. S. P. Timoshenko and S. Woinowsky Krieger (1959). *Theory of plates and shells*. McGraw-Hill, New York.

6. H. H. Poole (1966). *Fundamentals of display systems.* Macmillan, London.
7. International Electronics (July/August 1970). Staff report—Systems Designer Handbook.
8. C. S. Berring (January 1971) Electronic Equipment News—Mercury Wetted Contact Capsules—also literature published by *Associated Automation Ltd.*, UK (G.E.C. Group of Companies).
9. Magnetic Materials, Publication M1, Standard Telephones & Cables Ltd, UK.
10. Component Technology (March 1969) Vol. 3, No. 3, Plessey Co Ltd, Ilford, Essex, UK.
11. F. de Boer *et al* (1964). An Implosion-proof picture tube for Television, *Philips Technical Review*, Vol. 25, No. 4.
12. C. J. Richards *et al* (1969). *Mechanical Engineering in Radar and Communications.* Van Nostrand Reinhold Co., London.
13. R. W. Elbourn (1971) Design of a Universal Slave Viewing Unit. Internal Publication—Plessey Radar Ltd.
14. A. G. Sheppard (1969) Internal Publication No. TM 116, Plessey Radar Ltd.
15. R. H. Hoyland (1969) Internal Publication No. TM 122, Plessey Radar Ltd.
16. Patent Specification No. 167922 (1969) Improvements in or relating to apparatus for scanned displays. G. Yonge and R. W. Elbourn.

6

TEHNICI DE INTERCONECTARE

R. P. Selby

Acest capitol se ocupă de interconectarea echipamentului electronic cuprins de obicei în dulapuri și sertare. Se consideră că modulele cel mai des conectate între ele sau la alte unități sînt plăcile cu circuit imprimat. Figura 6.1 indică componentele de interconectare ce pot fi folosite într-un echipament tipic de prelucrare și afișare a datelor, indicînd cea mai importantă problemă ce o întîmpină utilizatorul, cea a fiabilității. Proiectantul unui echipament are obligația de a obține fiabilitate maximă, folosind metode bune de proiectare, componente și tehnici de asamblare verificate.

Fiabilitatea sistemului este sensibilă la numărul de conexiuni electrice existente și pentru fiabilitate maximă, acest număr trebuie să fie minimal. Dar, reducerea numărului punctelor de interconectare într-un circuit, sporind fiabilitatea, nu duce în mod necesar și la facilitarea execuției, al accesului și depanării. Necesitatea accesibilității implică mișcarea unităților, deconectarea și probabil și detașarea unităților. Accesibilitatea cere metode de interconectare bine gîndite iar cablurile și alte fire de interconexiune trebuiesc ghidate și susținute astfel ca să se asigure accesul necesar și posibilitatea de mișcare a unităților fără a se produce defecțiuni. Un proiect este deci un compromis și inginerului i se prezintă problema realizării unui echilibru între un grad mare de fiabilitate și ușurința realizării și întreținerii echipamentului.

Componentele folosite de ansamblurile electronice interconectate pot fi de trei categorii: (a) conectori, incluzînd conectori de tip soclu și de tip fișe, (b) circuite imprimate, cablaj imprimat flexibil, cabluri plate și cabluri panglică și (c) cablaj discret, toroane și cabluri. Conexiunile între modulele unui echipament se realizează printr-o combinare a acestor componente, iar tipurile de contacte terminale ce pot fi folosite sînt:

(a) contacte lipite
(b) contacte sudate
(c) contacte cu conductor înfășurat
(d) contacte sertizate

Fiabilitatea este redusă atunci cînd, realizarea conexiunii se face manual și, din acest motiv inginerul trebuie să-și propună reducerea la minimum a participării omului la efectuarea conexiunilor. Pe lîngă aspectele legate de fiabilitate, din motive de productivitate și cost, există o orientare către realizarea contactelor cu maşini speciale şi tehnicile de cablare pe bază de program.

Conexiunile la o placă cu circuit imprimat se pot face individual, în grupuri, în puncte aleatorii sau la centrul sau la capătul plăcii, alegerea depinzînd de aplicaţie. În trecut preferinţele se îndreptau spre contactele

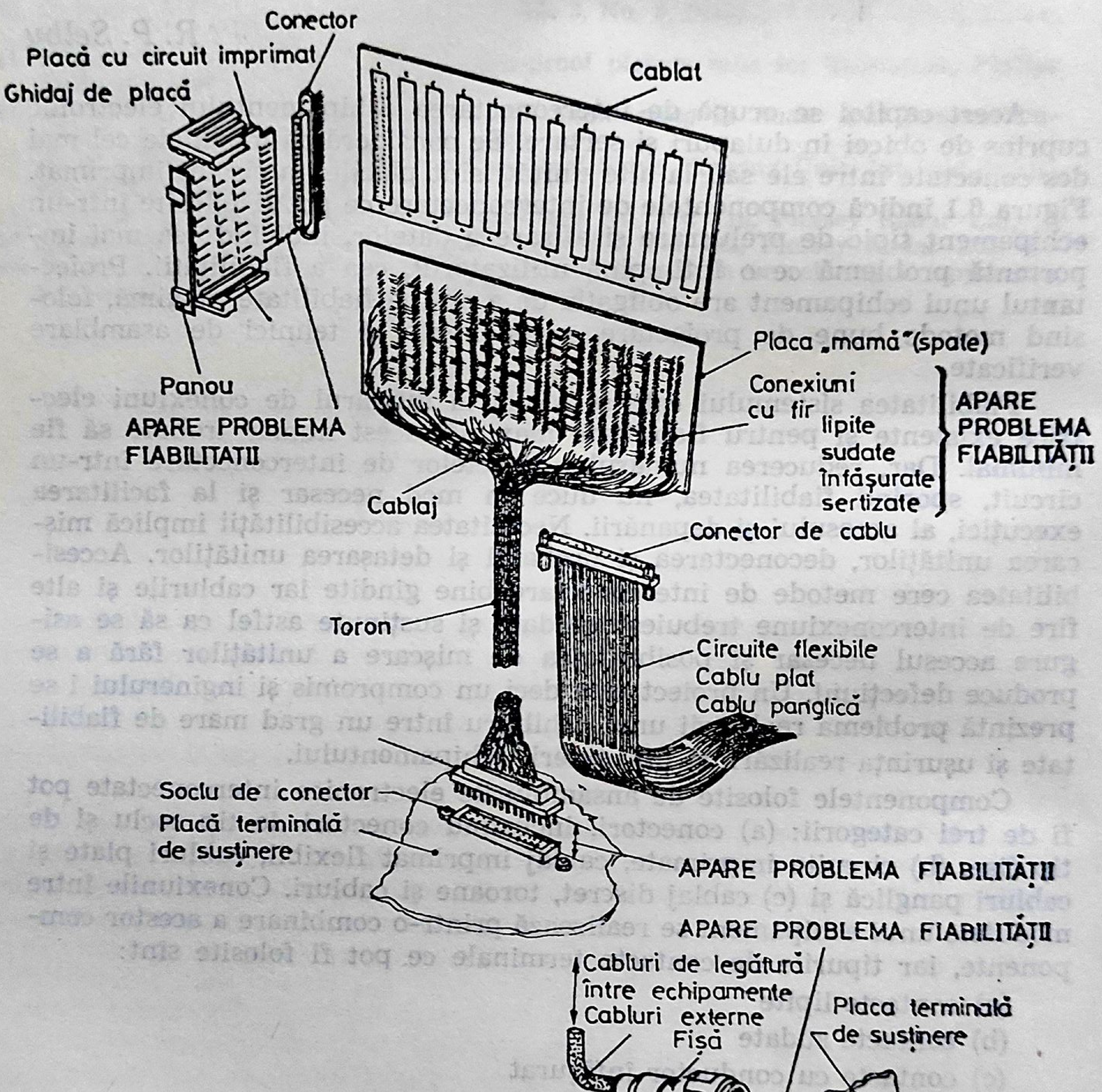

Conector
Placă cu circuit imprimat
Ghidaj de placă
Cablat
Placa „mamă" (spate)
Conexiuni cu fir
lipite
sudate
înfăşurate
sertizate
APARE PROBLEMA FIABILITĂŢII
Panou
APARE PROBLEMA FIABILITATII
Cablaj
Conector de cablu
Toron
Circuite flexibile
Cablu plat
Cablu panglică
Soclu de conector
Placă terminală de susţinere
APARE PROBLEMA FIABILITĂŢII
APARE PROBLEMA FIABILITĂŢII
Cabluri de legătură între echipamente
Cabluri externe
Fişă
Placa terminală de susţinere

Fig. 6.1. Componente de interconectare şi zonele de risc din punctul de vedere al fiabilităţii.

grupate la un capăt al plăcii, dar s-a arătat că se pot obţine o densitate mai mare a circuitelor şi o descongestionare a traseelor pe placă, aranjînd contactele în centrul plăcii, aşa cum este indicat în fig. 6.2. Oricare ar fi aranjamentul, sînt implicate, în general, două elemente, un conector şi un mediu de interconectare care poate fi: cablaj discret, circuit flexibil sau „placă-mamă" imprimată.

Este posibilă extinderea folosirii circuitelor imprimate de la conectarea elementelor de circuit la conectarea modulelor, montînd conectori într-o „placă-mamă" şi introducînd în linie cu ea sau perpendicular, „plăci-fiice" mai mici. Placa-mamă poate fi monostrat, dublu strat sau multistrat, în funcţie de complexitatea circuitului. Unde majoritatea interconexiunilor se fac în acest fel de multe ori este necesară folosirea cablajului discret de la „placamamă" la conectorii de intrare. Interconectările cu plăci multistrat sînt costisitoare şi greu de modificat şi de aceea se preferă conectărilor cu fir numai acolo unde se cere o viteză mare a operaţiunilor electrice şi o complexitate mare a sistemului.

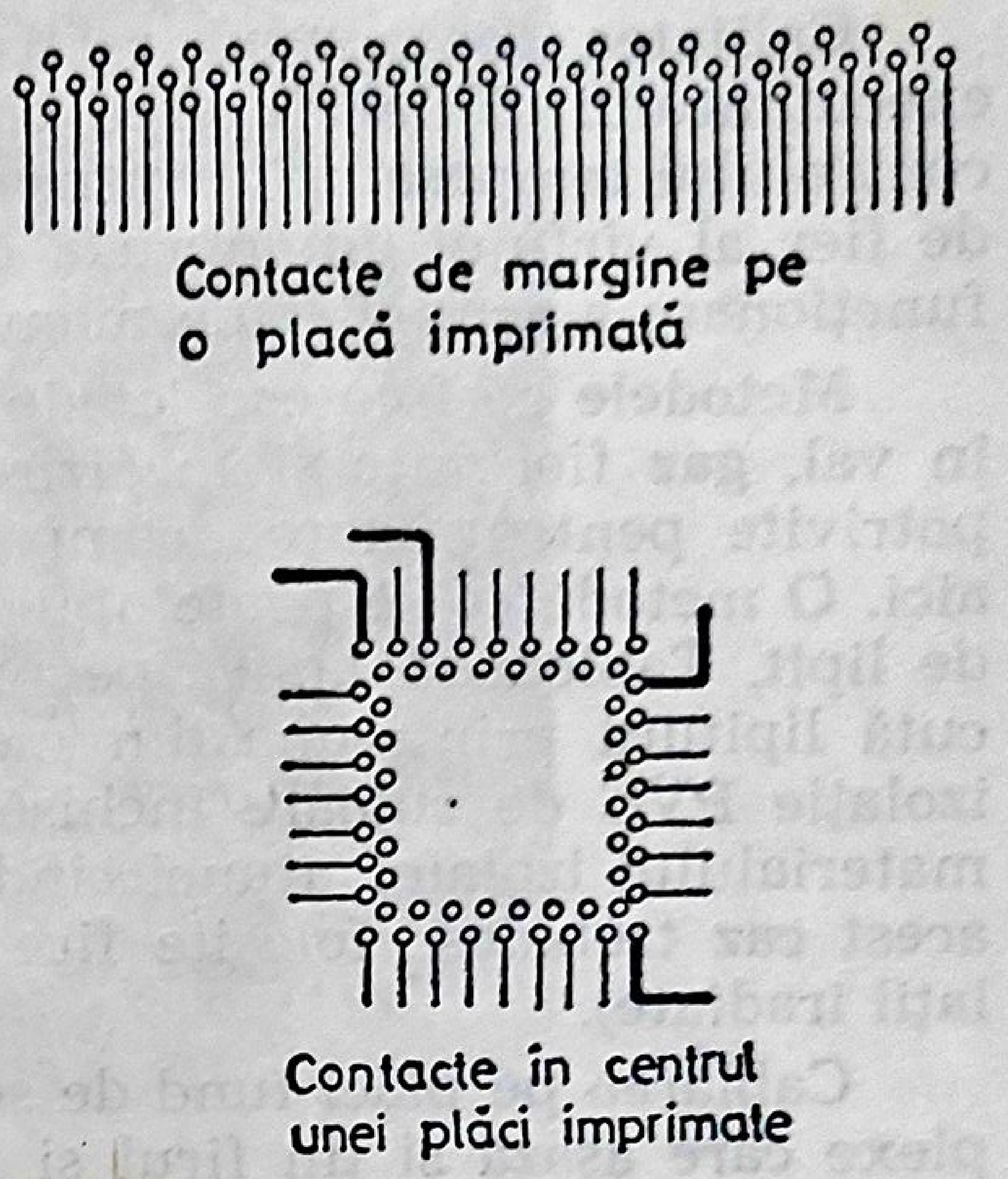

Contacte de margine pe o placă imprimată
Contacte în centrul unei plăci imprimate

Fig. 6.2. Comparaţie din punctul de vedere al densităţii traseelor între un aranjament al contactelor la un capăt al plăcii şi un aranjament în centrul plăcii.

Pînă în prezent, folosirea circuitelor imprimate flexibile la interconectarea modulelor este restrînsă de lipsa unor metode de conectare terminală convenabile. Totuşi situaţia începe să se schimbe prin apariţia recentă a unor tehnici de conectare ca sertizarea a cărei siguranţă în funcţionare s-a verificat la produse de serie.

Interconectări cu fir conductor

Interconectări cu fir se pot realiza prin diferite metode începînd de la lipirea şi trasarea manuală a firului şi pînă la execuţia complet automatizată pe maşini speciale a conexiunilor şi determinarea traseelor optime cu calculatorul. Există programe pentru elaborarea diagramelor logice, pentru implantarea componentelor pe plăci imprimate şi liste de interconexiuni. Există programe de optimizare a lanţurilor de semnale şi a conectării la masă, rutine, trecute direct pe bandă perforată, pentru verificarea corectitudinii interconexiunilor. Prin programe se asigură şi modificările curente şi îmbunătăţirile aduse produselor.

Contacte lipite

Ciocanul electric de lipit se mai foloseşte încă în cadrul producţiilor restrînse, la lucrări provizorii, modificări şi depanări.

Calitatea contactului realizat depinde foarte mult de îndemînarea executantului şi de alegerea corectă a vîrfului ciocanului. Introducerea controlului temperaturii a uşurat folosirea ciocanului de lipit iar învelişul de fier al vîrfului de cupru a redus oxidarea acestuia mărind durata de funcţionare a acestei scule manuale.

Metodele ce folosesc jet de aer cald, băi de lipit, lipirea în flux sau în val, gaz fierbinte şi încălzirea cu raze infraroşii sînt în general mai potrivite pentru fixarea componentelor pe plăci şi nu vor fi discutate aici. O metodă ce se poate aplica şi la cablajul discret este cea cu tabletă de lipit. Tableta se aplică pe fir, fie manual fie automat şi apoi se execută lipitura printr-una din metodele mai sus menţionate. La firele cu izolaţie PVC de culoare închisă pot apare probleme de supraîncălzire a materialului izolator atunci cînd încălzirea se face cu raze infraroşii şi în acest caz trebuiesc folosite fire cu izolaţii termorezistente (ptfe sau izolaţii iradiate).

Cablarea pe plăci fund de sertar se poate face cu scule manuale complexe care aşază şi ţin firul şi tableta de lipit pe locul unde se va executa lipitura, în timpul sau înaintea încălzirii. Un dispozitiv de reglare a încălzirii elimină posibilitatea de a greşi a executantului.

Există tablete de lipit prevăzute cu flux şi înveliş ca un manşon. Manşonul se restrînge sub influenţa căldurii, tableta se topeşte, realizînd contactul iar manşonul asigură izolarea şi evitarea deformării lipiturii. Fig. 6.3 ilustrează această metodă, aplicată la cablajul între puncte. Încălzirea se realizează printr-un jet controlat de aer încălzit. Acest produs se foloseşte şi la terminarea tresei împletite a cablurilor coaxiale sau ecranate.

Contacte de tip înfăşurat (Wire-Wrapping)

Această tehnică implică înfăşurarea cu un anumit grad de tensionare controlabil, a firului conductor în jurul unui pin de conector (fig. 6.4). Pinul poate fi de secţiune patrată sau dreptunghiulară, fiind necesare muchii pronunţate care ajută la tensionarea firului în aşa fel ca să se realizeze un contact foarte bun.

Se aplică cel puţin şase înfăşurări de fir dezizolat pentru realizarea unui contact standard de acest tip. Există şi un tip modificat care prevede de la o jumătate pînă la două spire izolate la începutul înfăşurării pentru prevenirea efectelor unor vibraţii puternice. Conductorii liţaţi sînt greu de înfăşurat, iar înfăşurările se desfac greu pentru modificări sau depanări.

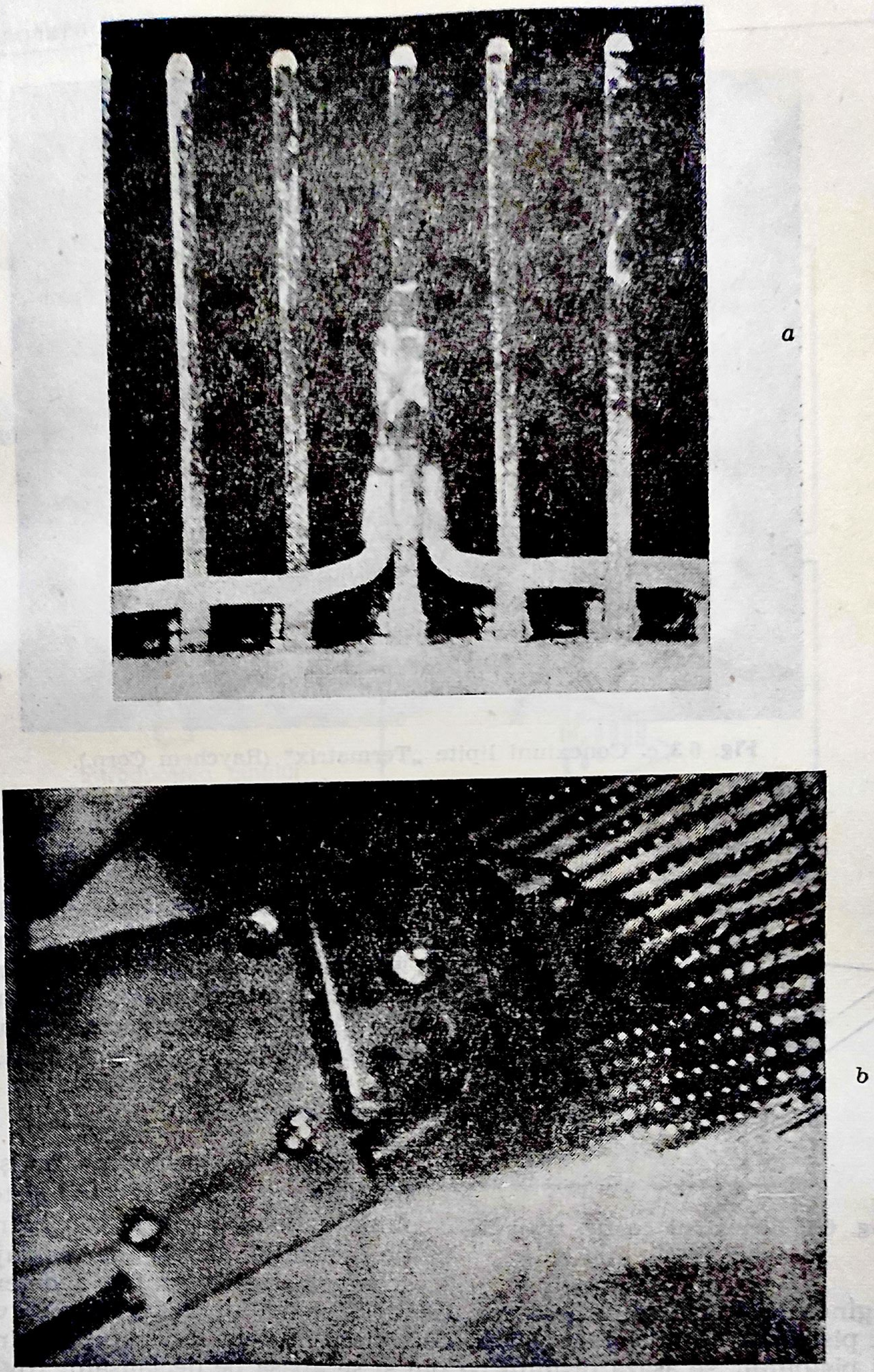


Fig. 6.3, *a*, *b*. Conexiuni lipite Termatrix *(Raychen Corp)*.

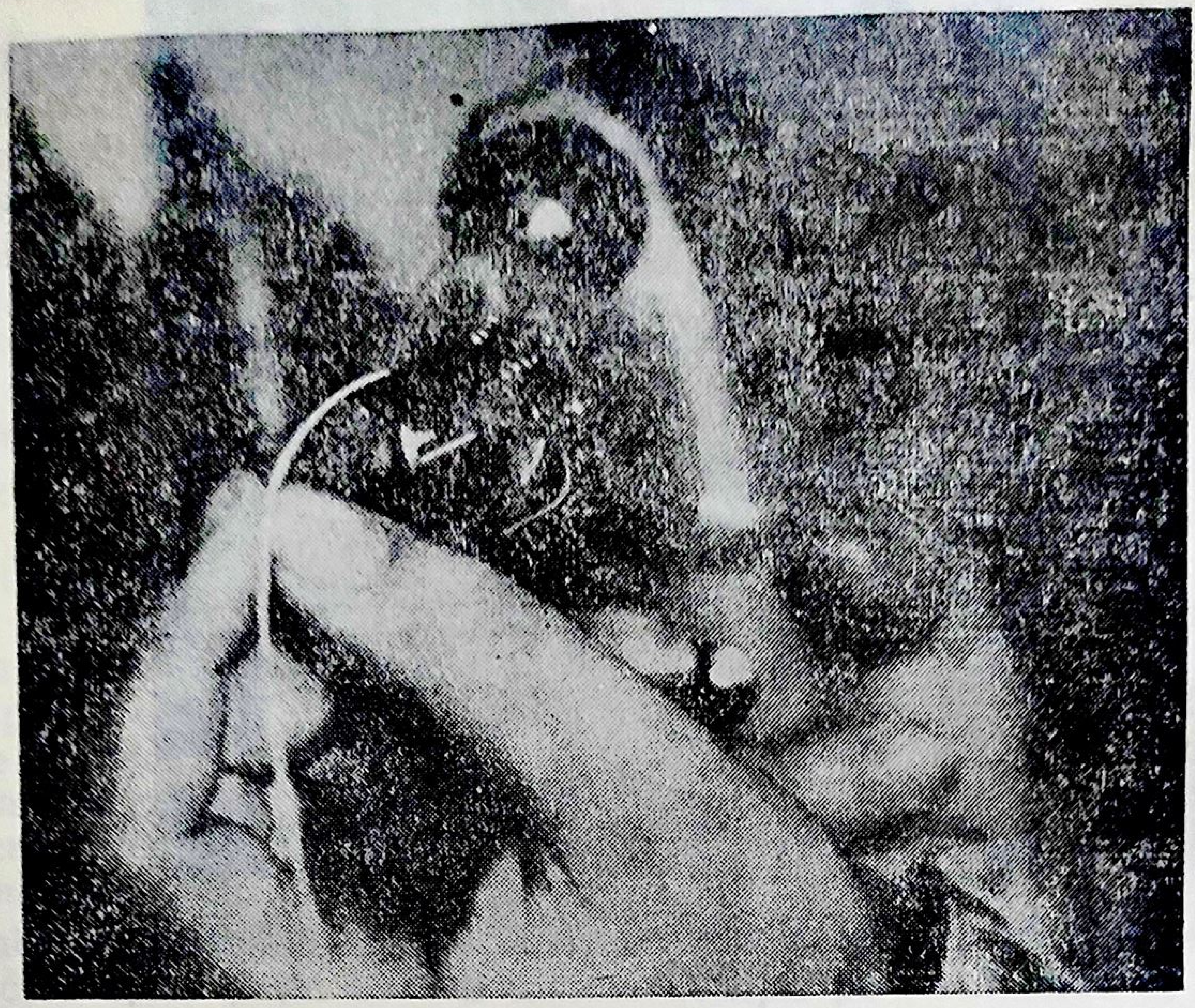


Fig. 6.3, c. Conexiuni lipite „Termatrix“ (Raychem Corp.).

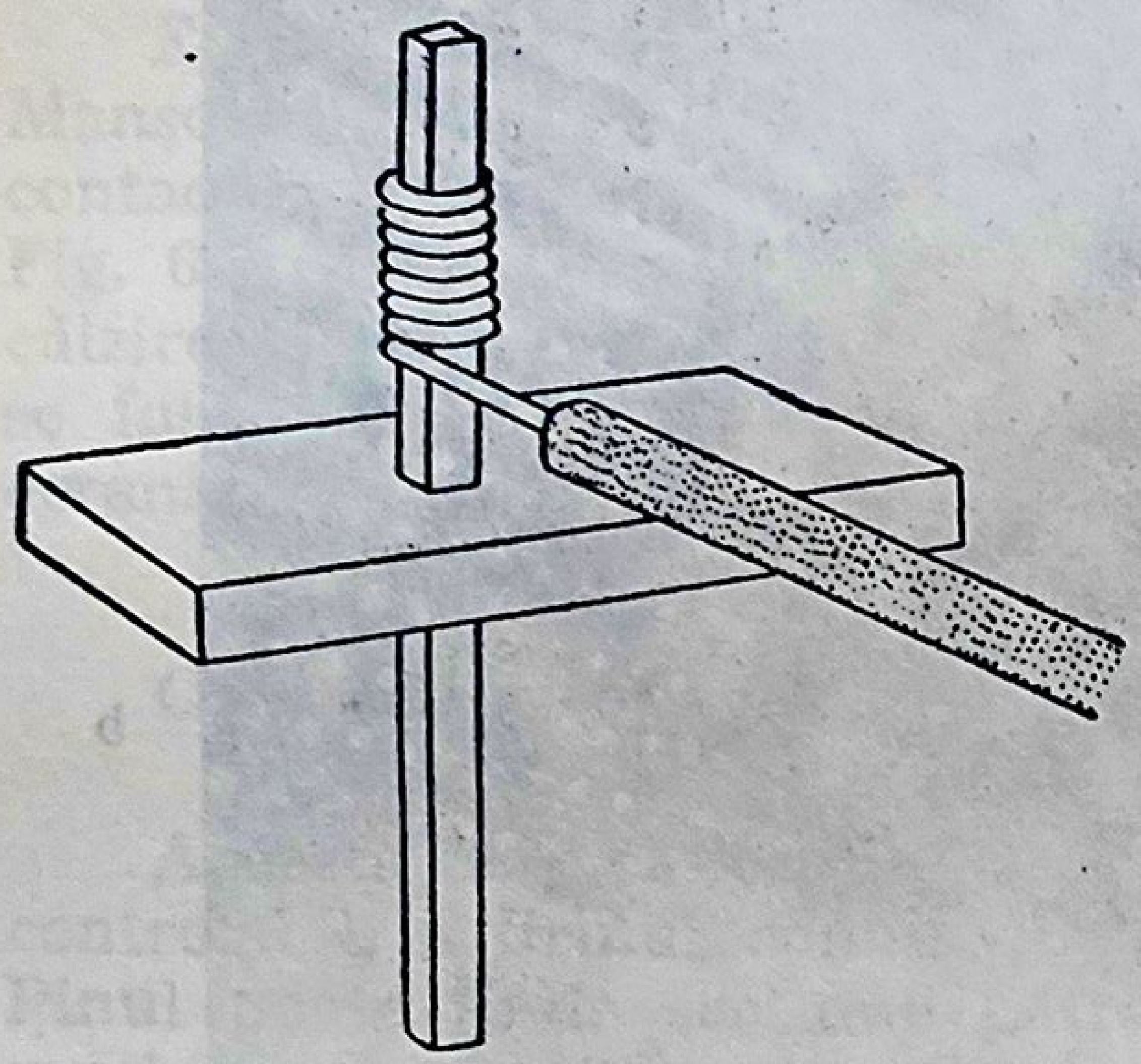


Fig. 6.4. Conexiuni cu fir, tip înfășurat.

Dezvoltarea echipamentelor automate a fost fără îndoială un factor important în răspîndirea largă a acestei tehnici. Pînă de curînd existau două posibilități de a executa înfășurări: manual sau cu mașini complect automatizate. Acum au apărut mașinile semiautomate rapid acceptate de industria electronică.

Metoda manuală

Pentru executarea înfășurării manual, se folosește un pistol de mînă acționat electric sau hidraulic. Se consultă listele de cablaj sau schemele logice pentru a determina originea legăturii, se dezizolează un capăt al firului cu un dispozitiv atașat pistolului se introduce partea dezizolată într-un locaș special din vîrful pistolului, se așază pistolul pe pin și se apasă pe declanșator (fig. 6.5). Înfășurarea se realizează în 1 1/2 secunde, după care se scoate pistolul de pe pin, se întinde firul pînă la celălalt capăt al legăturii, se taie la dimen-

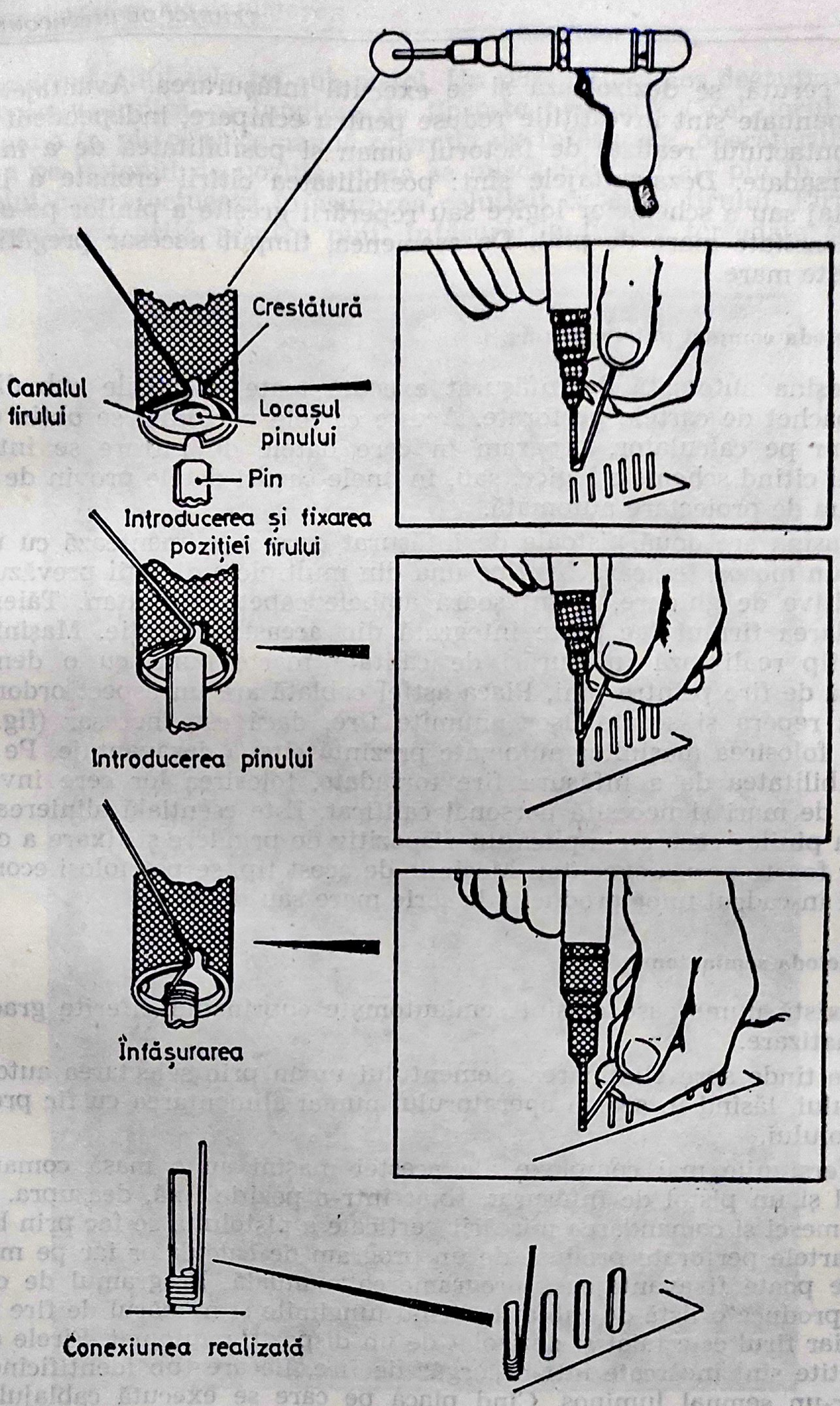

Crestătură
Canalul firului
Locașul pinului
Pin
Introducerea și fixarea poziției firului
Introducerea pinului
Înfășurarea
Conexiunea realizată

Fig. 6.5. Secvența operațiilor la conectarea cu fir înfășurat.

siunea cerută, se dezizolează şi se execută înfăşurarea. Avantajele metodei manuale sînt investiţiile reduse pentru echipare, independenţa calităţii contactului realizat de factorul uman şi posibilitatea de a înfăşura fire torsadate. Dezavantajele sînt: posibilitatea citirii eronate a listelor de cablaj sau a schemelor logice sau reperării greşite a pinilor pe o placă cu o densitate mare de pini. De asemenea, timpul necesar pregătirii firului este mare.

Metoda complet automatizată

Maşina automată de înfăşurat execută toate operaţiile sub direcţia unui pachet de cartele perforate. Aceste cartele perforate se obţin cu un program pe calculator, program în care datele de intrare se introduc manual citind schemele logice, sau, în unele cazuri datele provin de la un program de proiectare automată.

Maşina are două pistoale de înfăşurat care se alimentează cu un fir de pe un mosor, trasează firul pe una din multiplele direcţii prevăzute cu dispozitive de ghidare, şi înfăşoară ambele capete, simultan. Tăierea şi dezizolarea firului fac parte integrată din această operaţie. Maşinile de acest tip realizează înfăşurări de calitate foarte bună cu o densitate minimă de fire printre pini. Placa astfel cablată are un aspect ordonat, şi se pot repera şi scoate uşor anumite fire, dacă este necesar (fig. 6.6). Totuşi folosirea maşinilor automate prezintă cîteva dezavantaje. Pe lîngă imposibilitatea de a înfăşura fire torsadate, folosirea lor cere investiţii destul de mari şi necesită personal calificat. Este esenţială alinierea perfectă a pinilor ceea ce implică un dispozitiv de prindere şi fixare a conectorilor foarte precis executat. Maşinile de acest tip, se pot folosi economic numai în cadrul unor producţii de serie mare sau de masă.

Metoda semiautomată

Există numeroase maşini semiautomate cuprinzînd diferite grade de automatizare.

Se tinde spre eliminarea elementului uman prin selectarea automată a pinului, lăsînd în seama operatorului numai alimentarea cu fir pregătit a pistolului.

Versiunile mai complexe ale acestei maşini au o masă comandată digital şi un pistol de înfăşurat, fixat într-o poziţie fixă, deasupra. Dirijarea mesei şi comandarea mişcării verticale a pistolului se fac prin bandă sau cartele perforate produse de un program de calculator iar pe matrici simple poate fi avantajoasă programarea manuală. Programul de calculator produce o listă de cablaj indicînd lungimile şi numărul de fire necesare, iar firul este tăiat şi dezizolat de un dispozitiv automat. Firele astfel pregătite sînt încărcate într-o „orgă“ de fire, fiecare tub identificîndu-se printr-un semnal luminos. Cînd placa pe care se execută cablajul este aşezată pe masă, operatorul apasă pe un buton de poziţionare şi masa se mută aducînd pinul selectat sub pistol. Un semnal luminos deasupra tubului respectiv, indică ce lungime de fir este necesară. Operatorul ia un fir, îl pune în pistol şi comandă operaţia de înfăşurare, operatorul apasă din nou pe butonul de poziţie, masa se mişcă aducînd alt pin în dreptul pistolului care efectuează înfăşurarea celuilalt capăt al firului. Firul trebuie aşezat cu grijă printre pini. Înfăşurările firelor torsadate se face

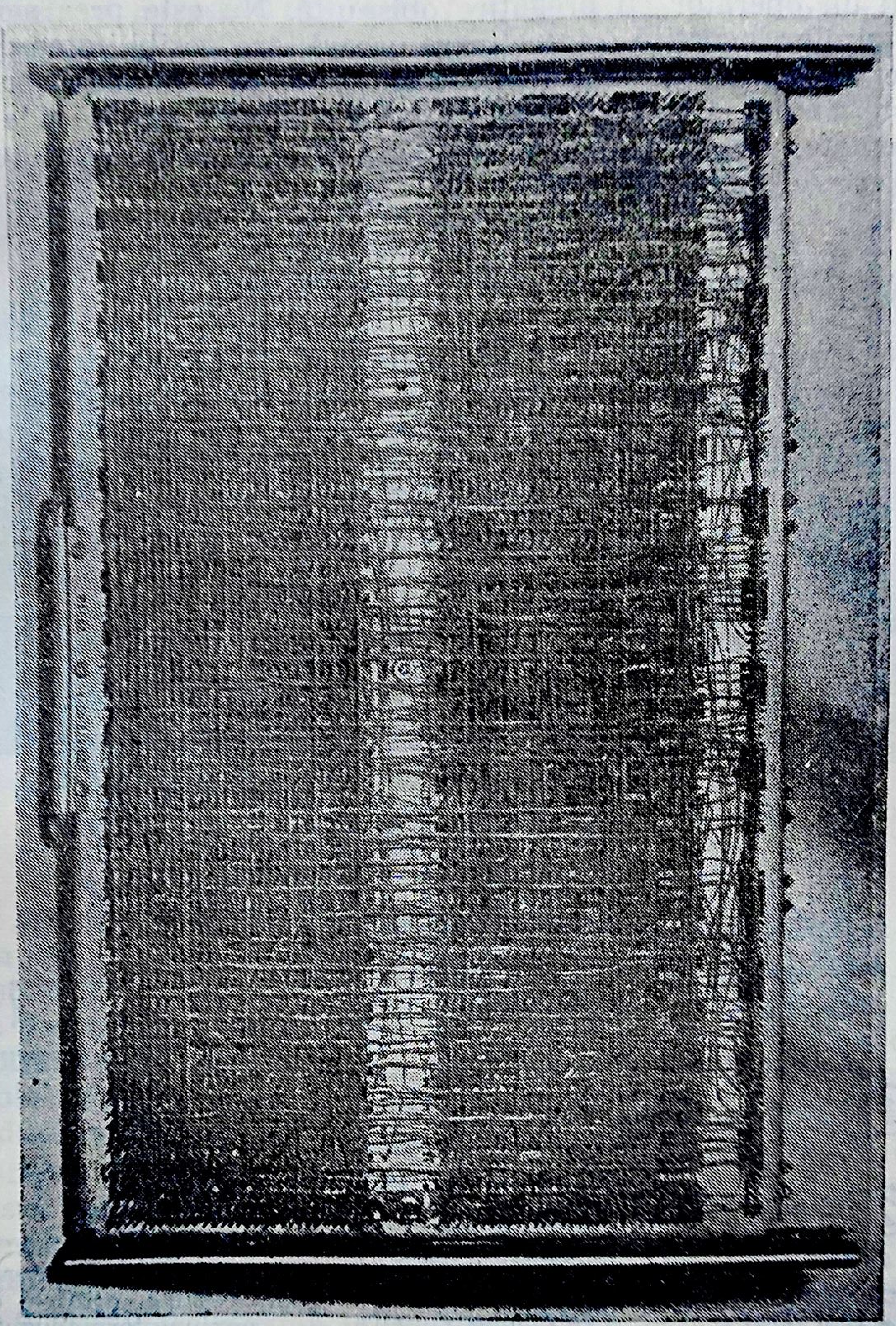


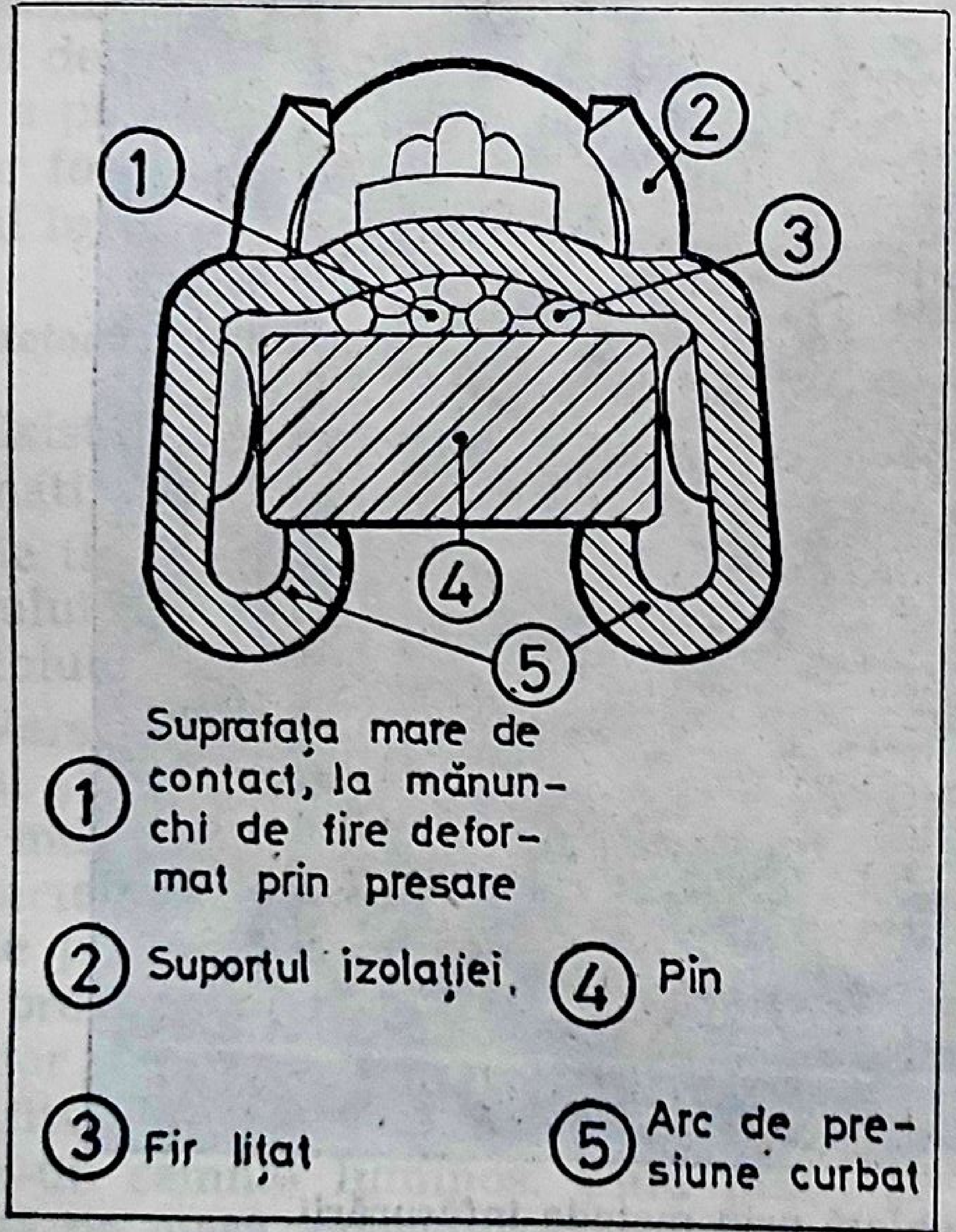
Fig. 6.6. Placă cablată prin metoda înfăşurării.

înfăşurînd ambele fire de la un capăt şi apoi de la celălalt. Trasarea dirijată a firului devine posibilă prin folosirea pistoalelor într-o poziţie coborîtă, ca scule de ghidare şi dirijînd firul cu el în direcţia indicată de un indicator vizual.

Soluţia semiautomată oferă ca avantaje, o investiţie moderată, frecvenţă redusă a erorilor, înfăşurări de foarte bună calitate la o viteză medie, cu un operator cu pregătire obişnuită. Nu este prea sensibilă la alinierea pinilor, necesită o întreţinere uşoară, are posibilitatea de a lucra şi cu fire torsadate, dimensiunea firelor se poate schimba uşor, programarea este simplă şi există posibilitatea de a adapta maşina şi la alte operaţii automate. Dezavantajele se restrîng la viteza operatorului şi la o uşoară creştere a densităţii firelor.

Sistemul cu capse (contacte AMP termo punct)

Descrierea metodelor manuală, automată, şi semiautomată de înfăşurare a firelor se aplică în general şi la sistemul cu capsă. Firul este desizolat şi ataşat la un pin de secţiune dreptunghiulară cu o capsă specială (vezi fig. 6.7) aplicată cu un dispozitiv acţionat pneumatic sau manual sau cu o maşină automată. Capsa se aplică axial pe pin şi construcţia ei asigură forţa de comprimare necesară deformării conductorilor şi obţinerii unui contact foarte bun. Se pot ataşa cu capse, fire monofilare


①
②
③
④
⑤
① Suprafaţa mare de contact, la mănunchi de fire deformat prin presare
② Suportul izolaţiei,
④ Pin
③ Fir liţat
⑤ Arc de presiune curbat

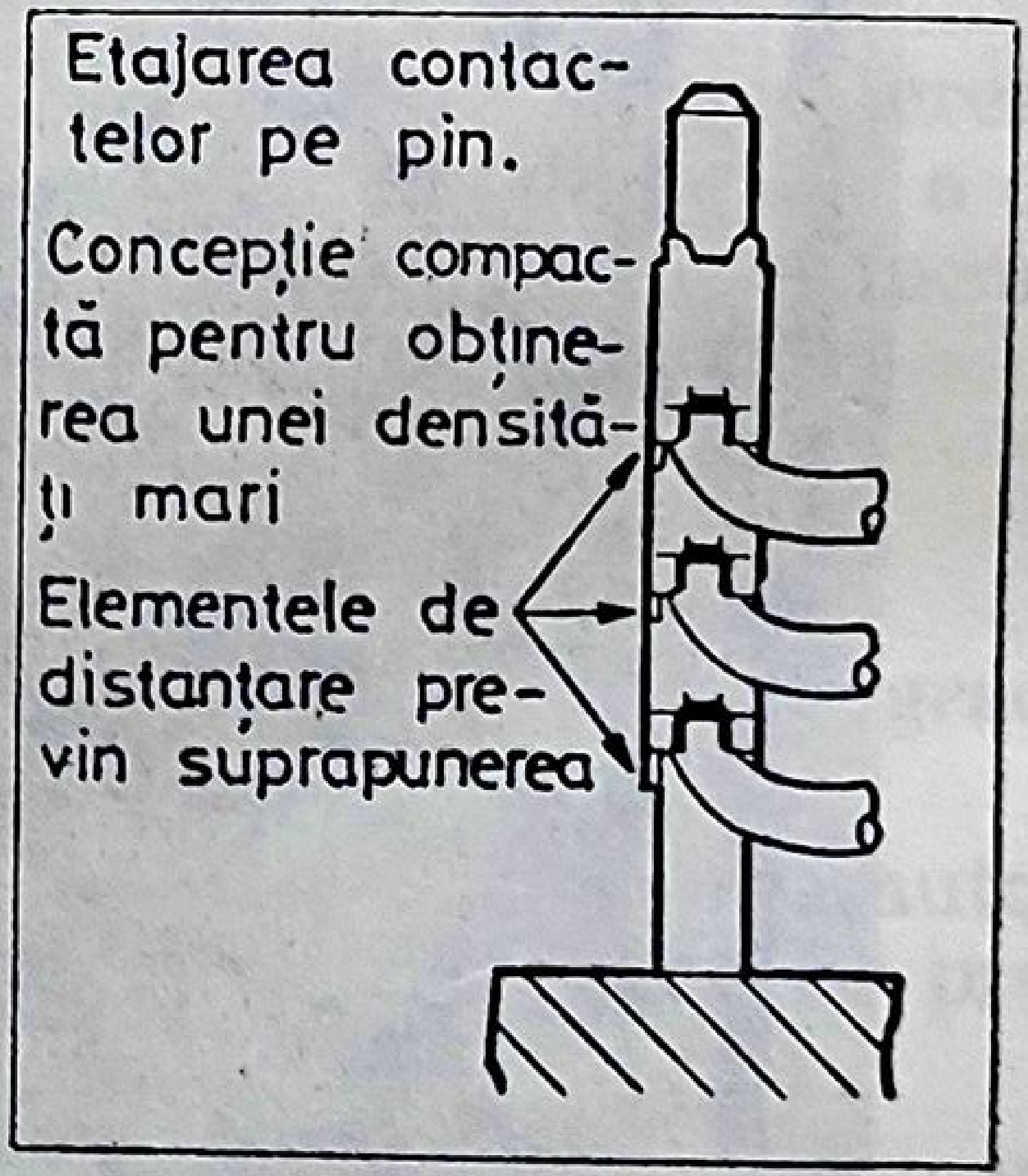

Etajarea contactelor pe pin.
Concepţie compactă pentru obţinerea unei densităţi mari
Elementele de distanţare previn suprapunerea

Fig. 6.7. Vedere laterală şi secţiune printr-o conexiune termopunct (AMP Ltd).

sau lițate, această metodă permițînd și schimbarea ușoară a firelor de la un pin la altul, dacă acest lucru este necesar. Se admite o distanță între pini pînă la 2,54 mm.

Dispozitive de capsare termo punct

Dispozitive de mînă (fig. 6.8). Deși destinate a fi scule manuale de întreținere, aceste dispozitive de mînă pot fi folosite și în producții de serie mică. Firul este plasat în orificiul de încărcare din vîrful dispozitivului și apăsînd pe mînerul de acționare, firul se dezizolează și capsa se aduce în poziția necesară pentru aplicare. Dispozitivul se aliniază cu pinul și o mișcare a mîinii înspre baza lui aplică capsa și firul pe pin. Dispozitivul se dezactivează manual. Există și dispozitive de extracție care scot capsa prinzînd și răsucind unul din arcurile curbate de presiune ale contactului. Cînd densitatea firelor sau alți factori necesită reținerea capsei după extragere, se folosește un dispozitiv de extracție captator.

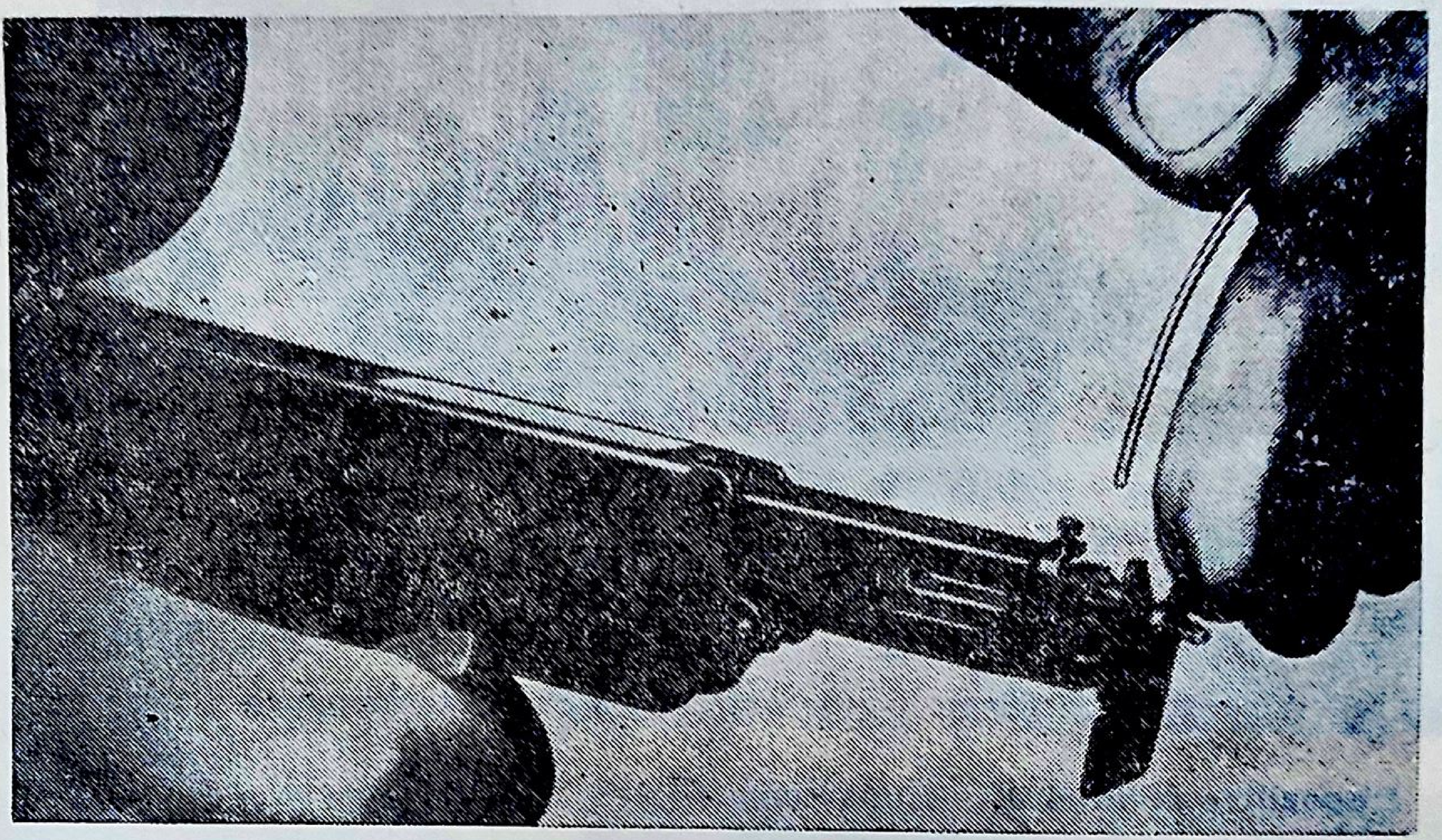


Fig. 6.8. Dispozitiv manual pentru executarea conexiunilor termopunct (AMP Ltd).

Testarea nedestructivă a conexiunilor se face agățînd un cîrlig de testare sub capsa prinsă și trăgînd de el. Acest lucru acționează un indicator tensionat de un arc în mînerul dispozitivului și dacă capsa nu alunecă pînă cînd indicatorul atinge o poziție calibrată, se presupune că s-a realizat o presiune adecvată între capsă și pin. Acest test nu afectează conexiunile adiacente și se face chiar pe produse.

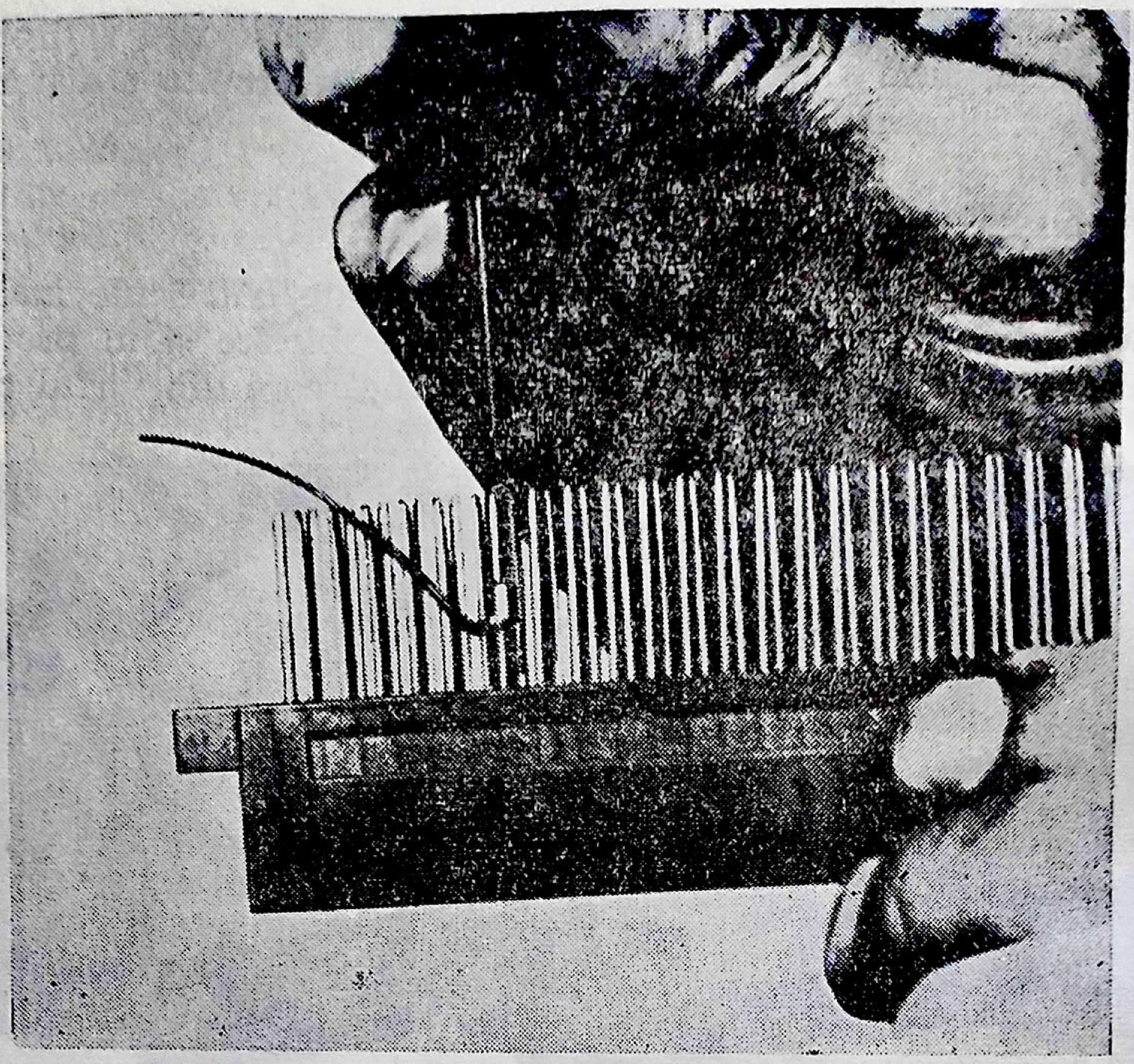


Fig. 6.9. Dispozitiv de extracţie a capsei termopunct.

Dispozitive de producţie semiautomate

Pentru producţie se construiesc dispozitive de mînă acţionate pneumatic (fig. 6.11) în care se introduce firul izolat şi se apasă o dată pe buton. Acest lucru are ca urmare detaşarea primei capse, dezizolarea firului şi poziţionarea lui între capsă şi vîrful dispozitivului, pregătit pentru aplicarea pe pin.

Se netezeşte firul, se aliniază capul dispozitivului cu pinul şi se realizează conexiunea prin cea de a doua apăsare pe buton. Dispozitivul, care revine automat în poziţia iniţială, pregătit pentru următoarea capsare are ataşat un mosor cu capse termo punct care furnizează capsa mecanic, în timpul operaţiei. Firul se ia de pe alt mosor montat pe dispozitiv. Un accesoriu opţional este o sculă manuală de tăiat firul ataşată dispozitivului.

Dispozitive automate pentru producţie (Fig. 6.12)

Maşina operează în conjuncţie cu o bandă perforată cu 8 piste care comandă tăierea, dezizolarea, aşezarea firului şi capsarea pentru cablajul unei plăci cu o viteză de 2 000 de capsări pe oră. Capul mobil al mașinii, alimentat cu fir și capse, se mișcă în cîmpul de lucru staționar în planuri ortogonale și direcții diagonale. După ce se capsează la un capăt, firul se derulează pe măsură ce capul se mișcă spre capătul celălalt al legăturii.

Mașina are o masă mare de lucru de 56×102 cm și ocupă în total o suprafață de 2,50×3,00 m. Fig. 6.13 înfățișează secvența operațiilor la aplicarea capsei.

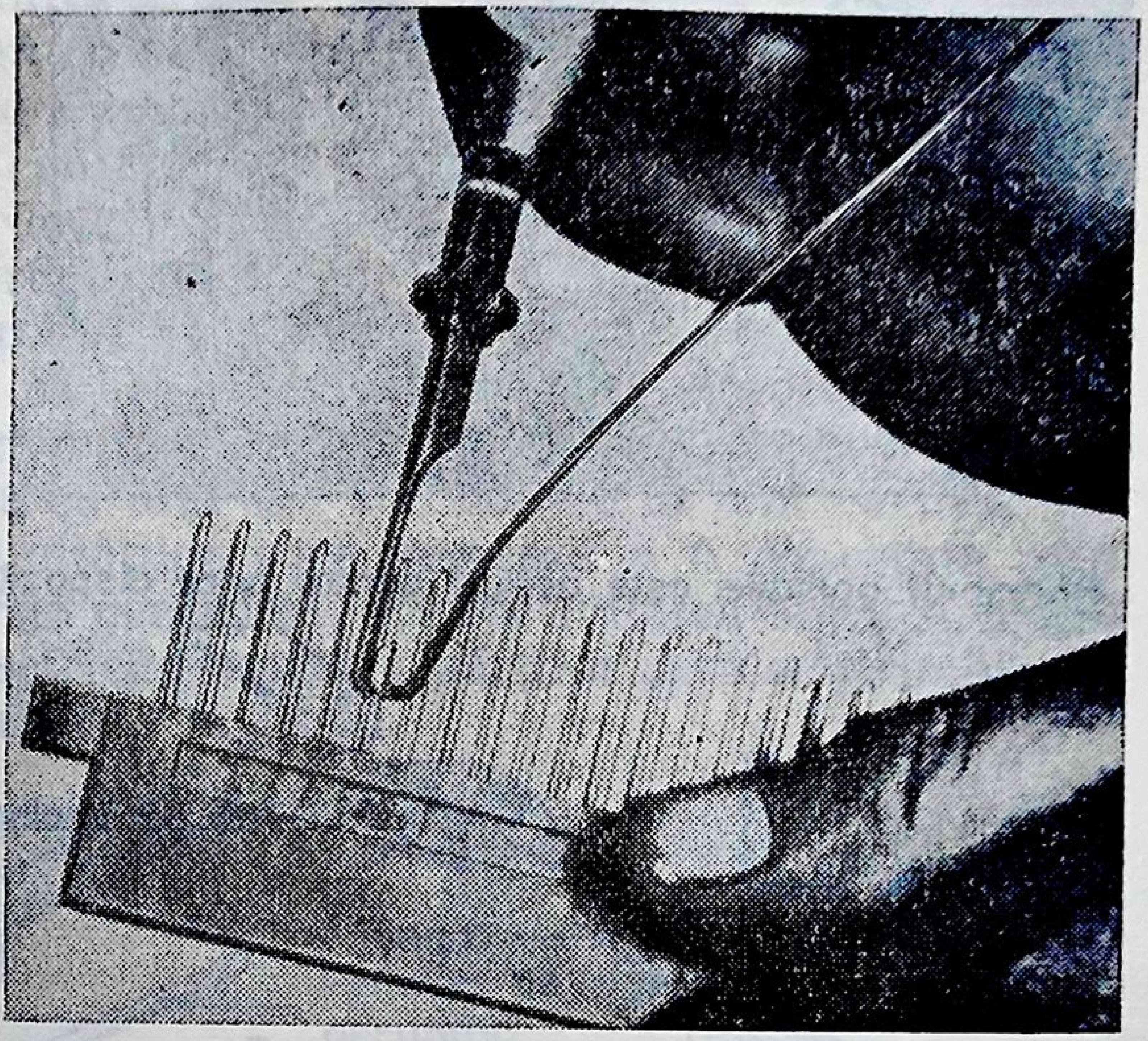


Fig. 6.10. Dispozitiv de testare a conexiunilor termopunct.

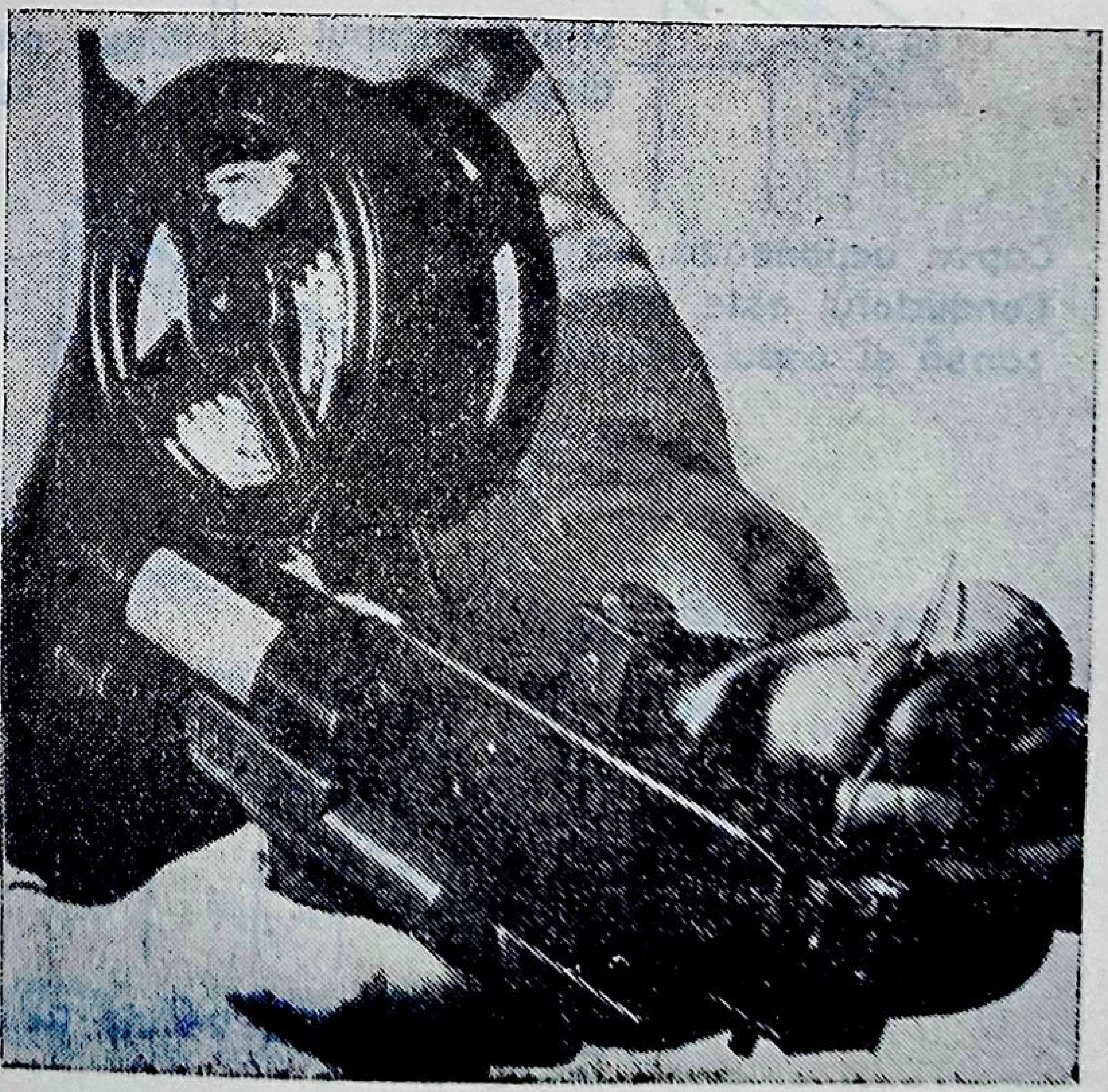


Fig. 6.11. Dispozitiv semiautomat pentru realizarea de conexiuni termopunct.

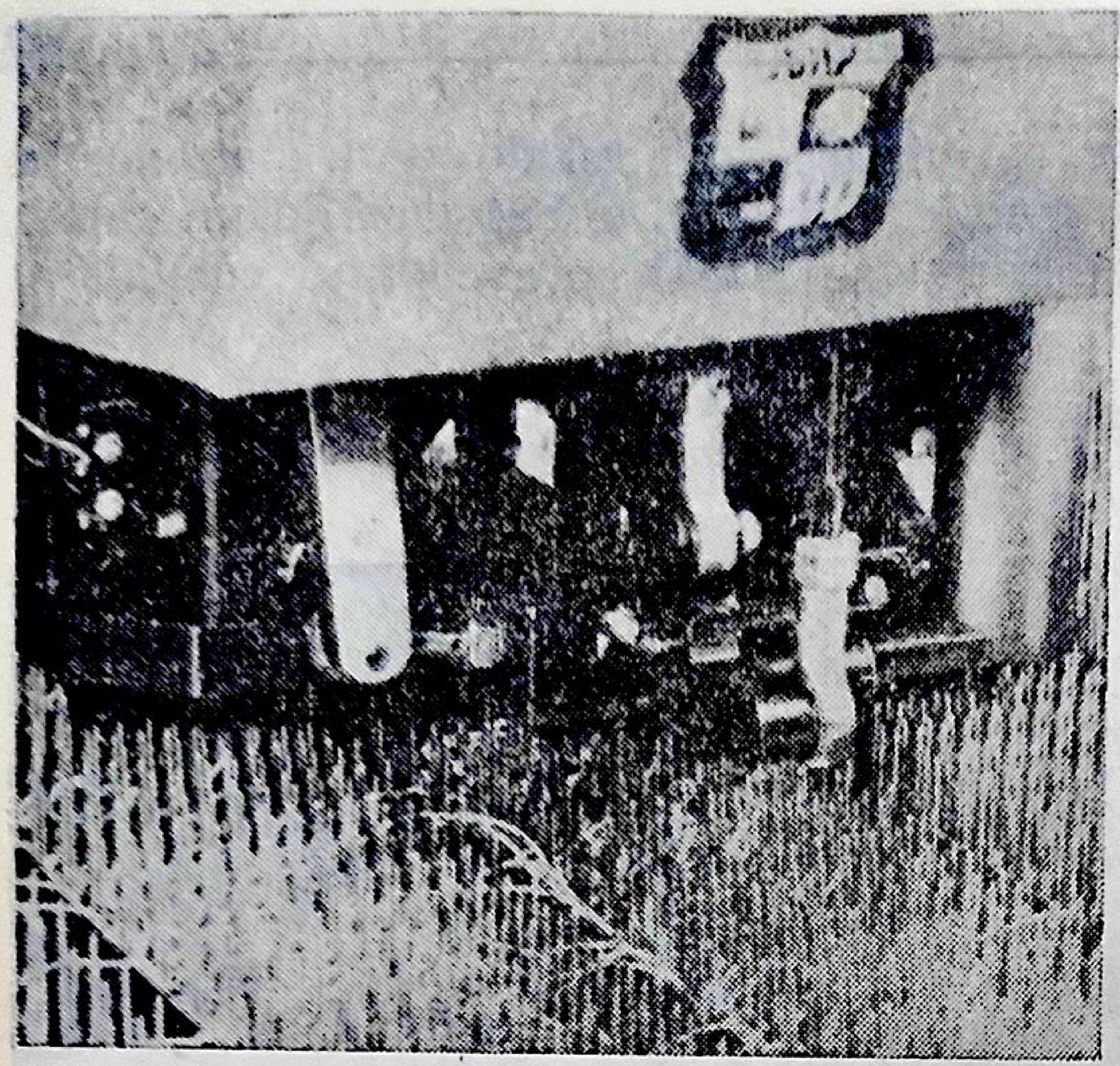
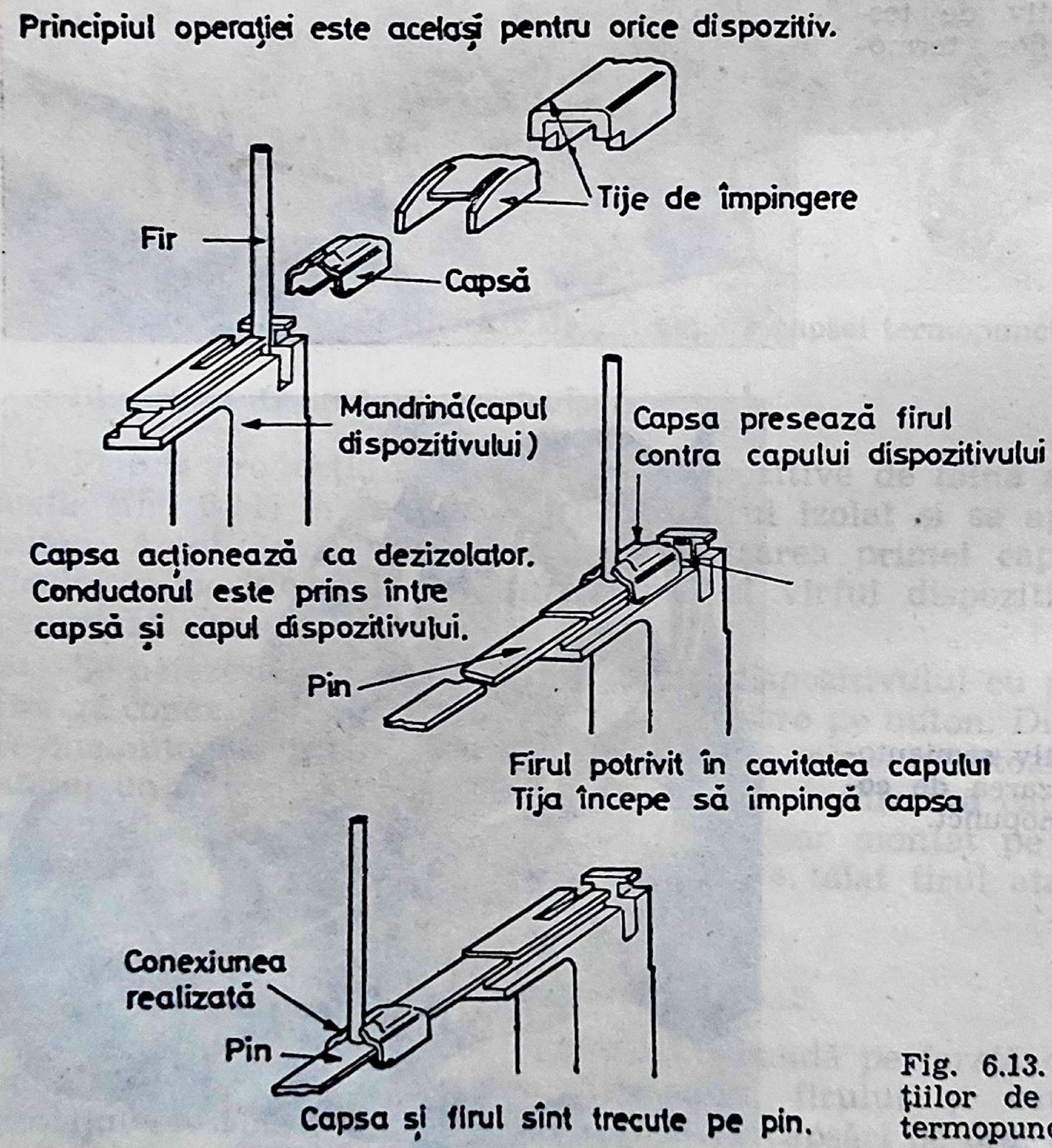


Fig. 6.12. Maşină automată pentru conexiuni termopunct (AMP Ltd).



Principiul operaţiei este acelaşi pentru orice dispozitiv.
Tije de împingere
Fir
Capsă
Mandrină (capul dispozitivului)
Capsa acţionează ca dezizolator. Conductorul este prins între capsă şi capul dispozitivului.
Capsa presează firul contra capului dispozitivului
Pin
Firul potrivit în cavitatea capului Tija începe să împingă capsa
Conexiunea realizată
Pin
Capsa şi firul sînt trecute pe pin.

Fig. 6.13. Secvenţa operaţiilor de aplicarea capsei termopunct (AMP Ltd).

Contacte sudate

Firele mono sau multifilare pot fi legate la alte fire sau pini terminali, folosind tehnica sudării. Un contact sudat poate fi mai rezistent şi mai fiabil decît orice alt tip de contact, dar prezintă neajunsul că este dificil de modificat la nevoie.

Spre deosebire de un contact sertizat, un contact sudat nu se va slăbi la variaţii ciclice ale temperaturii. Sudura în curent continuu prin rezistenţă se poate folosi pentru îmbinările suprapuse ale firelor sau conductorilor panglică folosind aliaje de nichel.

Urmează un exemplu de contacte sudate folosite la circuite flexibile cu conductori de nichel. În locul obişnuitului material conductor din cupru (capitolul 7), desenul circuitului se corodează în nichel cu conţinut mic de carbon, şi gravînd „ferestre" în suportul dielectric se obţine acces la ambele feţe ale peliculei de nichel (fig. 6.14). Se pot asambla mai multe straturi cu circuite interconectîndu-le fie sudînd plăcile de nichel acolo unde vin în contact direct una cu alta sau sudîndu-le la pini verticali de contact. În general alegerea unităţilor care urmează a fi conectate prin sudare trebuie să se facă cu grijă pentru că, conductivitatea termică, masa, duritatea şi conductivitatea electrică relativă a părţilor care se asamblează au influenţă asupra calităţii sudurii.

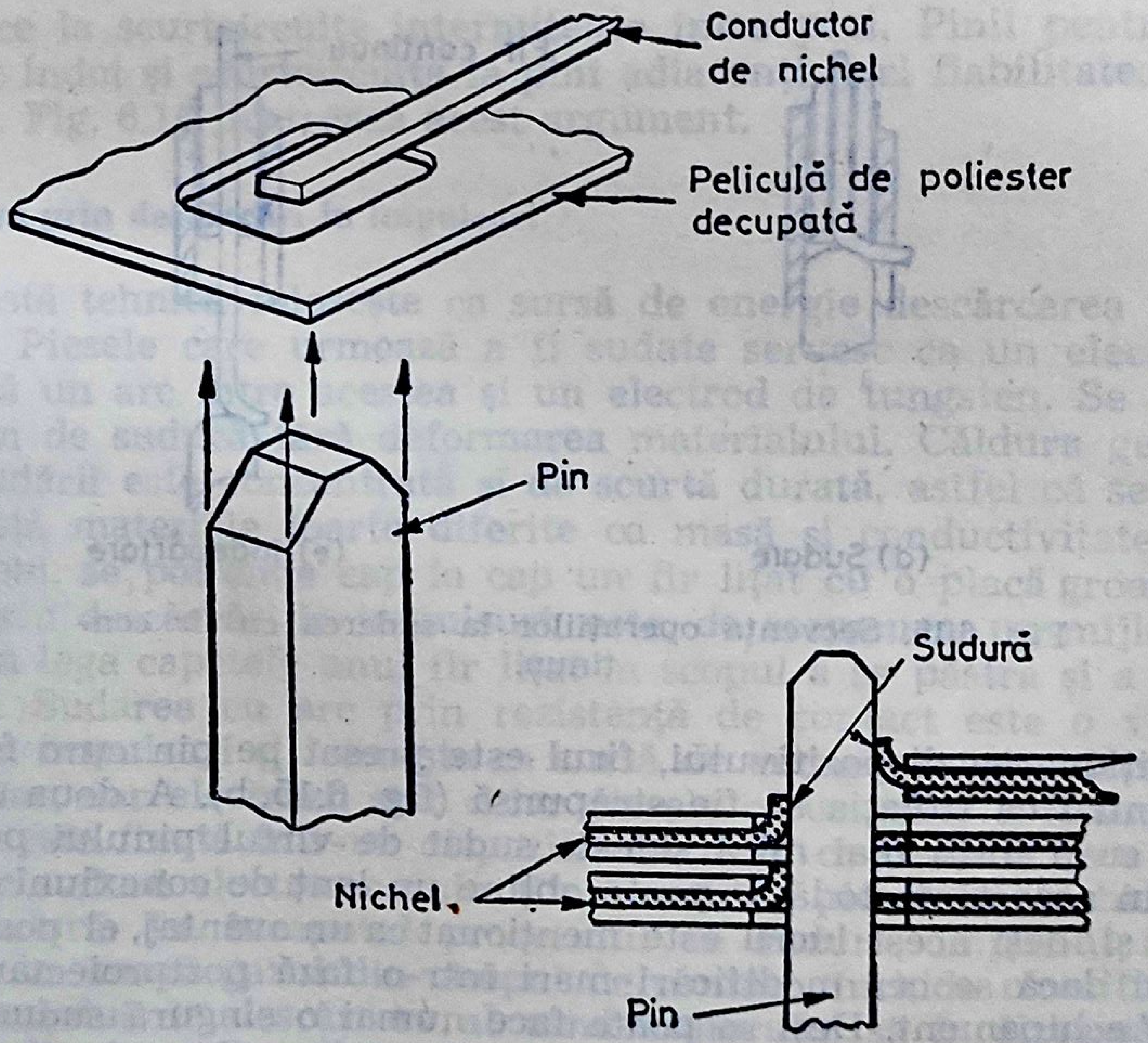
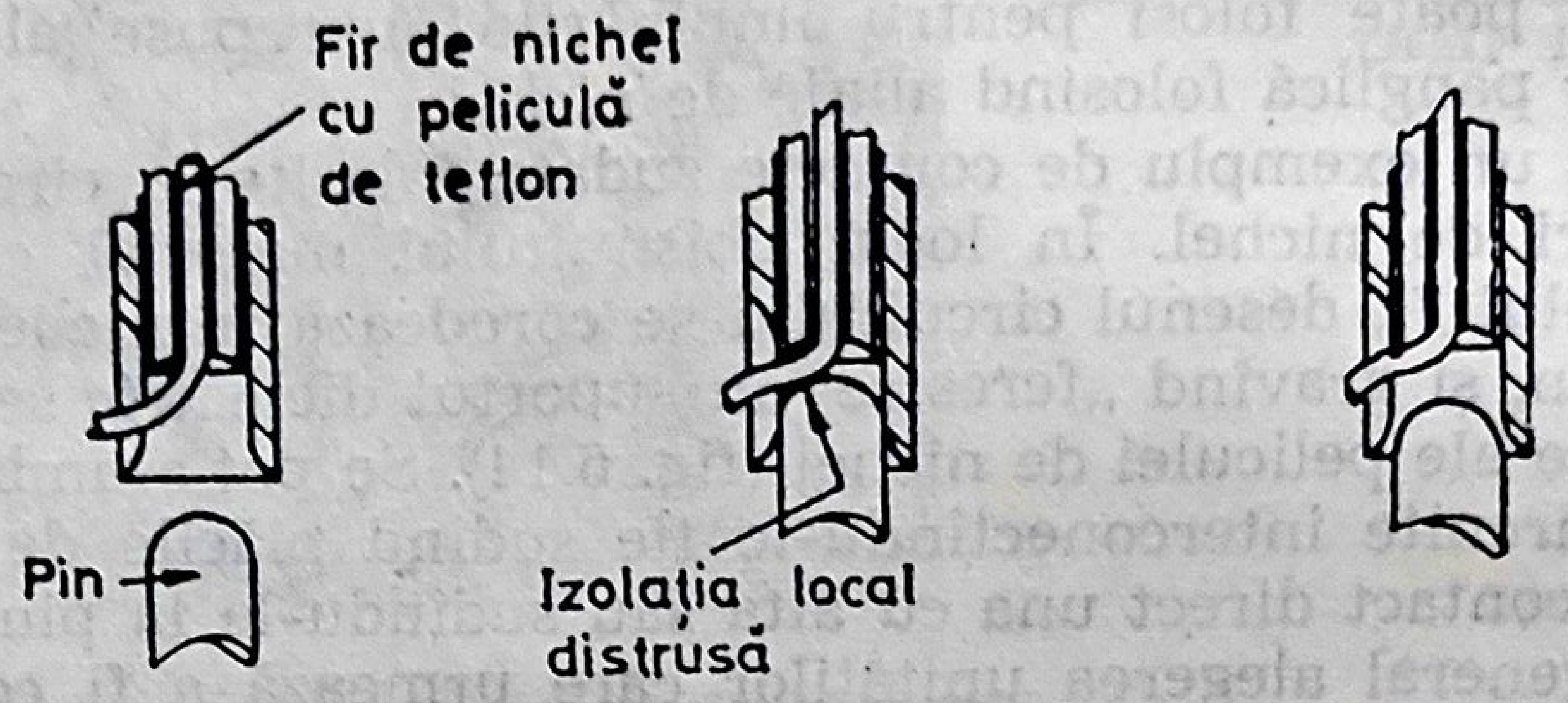


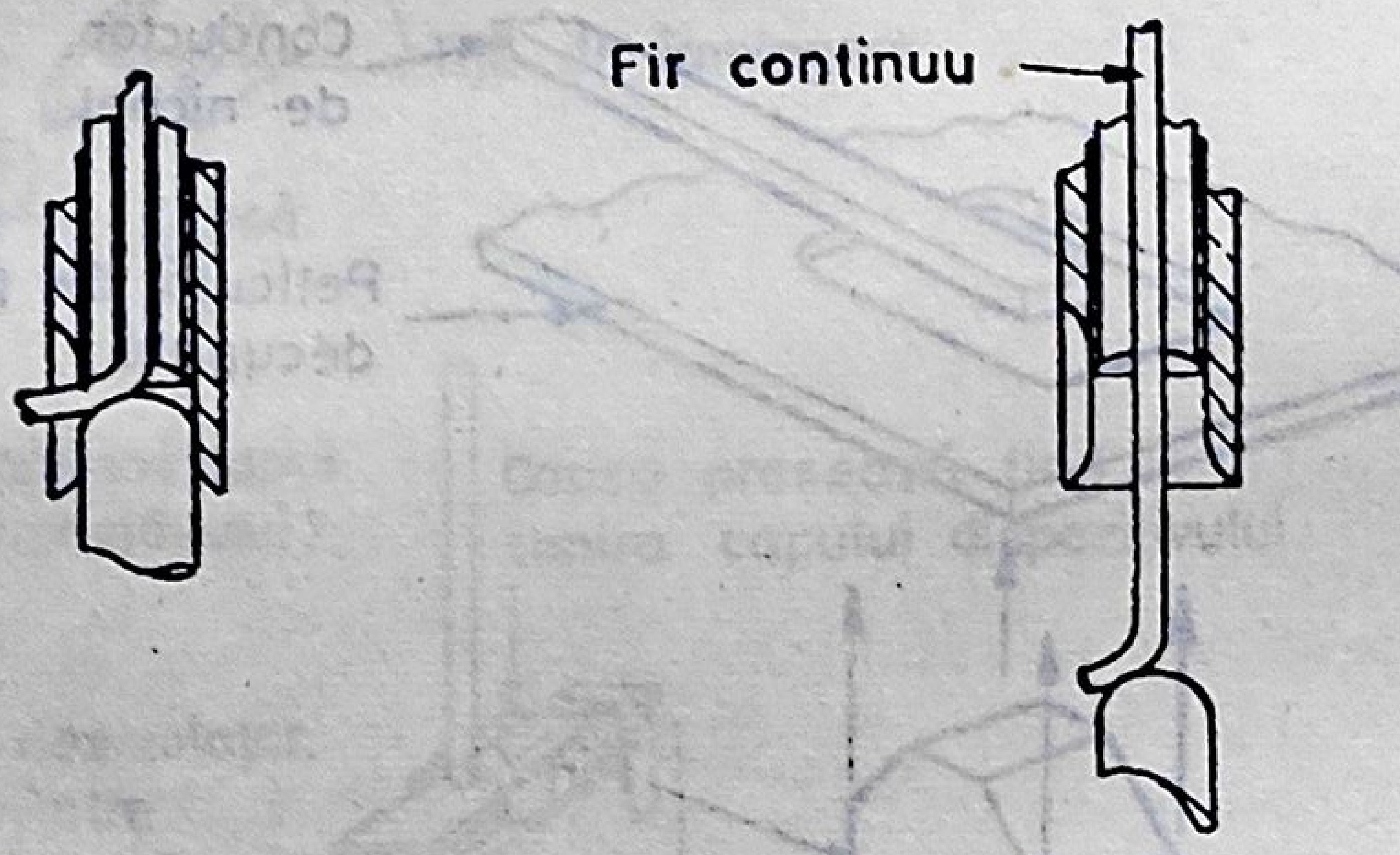
Fig. 6.14. Conexiuni sudate la plăci flexibile multistrat (Scheldahl Ltd).

Sudura cu fir continuu sau „strapare"

Aceasta este o tehnică de sudare prin rezistenţă în curent continuu, ce poate fi efectuată manual, semiautomat sau automat depinde de mărimea producţiei. Firul de nichel, izolat cu teflon, cu diametrul de 150 microni este sudat prin suprapunere la vîrful unor pini din oţel inoxidabil printr-o operaţie în două faze (vezi fig. 6.15). În primul rînd, după poziţionarea dispozitivului, firul este presat pe pin cu o forţă suficientă pentru ca izolaţia să fie străpunsă (fig. 6.15, b). A doua oară firul se apasă cu o forţă mai mică şi este sudat de vîrful pinului prin rezistenţă. Prin această metodă se poate obţine un lanţ de conexiuni cu un fir continuu şi, deşi acest lucru este menţionat ca un avantaj, el poate deveni contrariul dacă se cer modificări mari într-o fază postproiectare a unei părţi din echipament. Deşi se poate face numai o singură sudură pe pin aceasta reprezintă de fapt conectarea a două fire. Conexiunile multiple vor necesita soluţii speciale.



(a) Poziţionare (b) Străpungere prin presare (c) Retragere



(d) Sudare (e) Indepărtare

Fig. 6.15. Secvenţa operaţiilor la sudarea cu fir continuu.

Straparea necesită doar o lungime mică a pinului (500 microni de la suprafaţa plăcii pe faţa de cablare), în timp ce tehnicile prin înfăşurare sau termopunct necesită pini relativ lungi şi subţiri, lucru care poate provoca defecţiuni prin ruperea pinilor, îndoirea şi scurtcircuitarea lor la pinii alăturaţi. De asemenea alăturarea a două porţiuni dezizolate de fir poate duce la scurtcircuite intermitente între pini. Pinii pentru strapare nu se pot îndoi şi scurtcircuita la pini adiacenţi deci fiabilitatea se îmbunătăţeşte. Fig. 6.16 ilustrează acest argument.

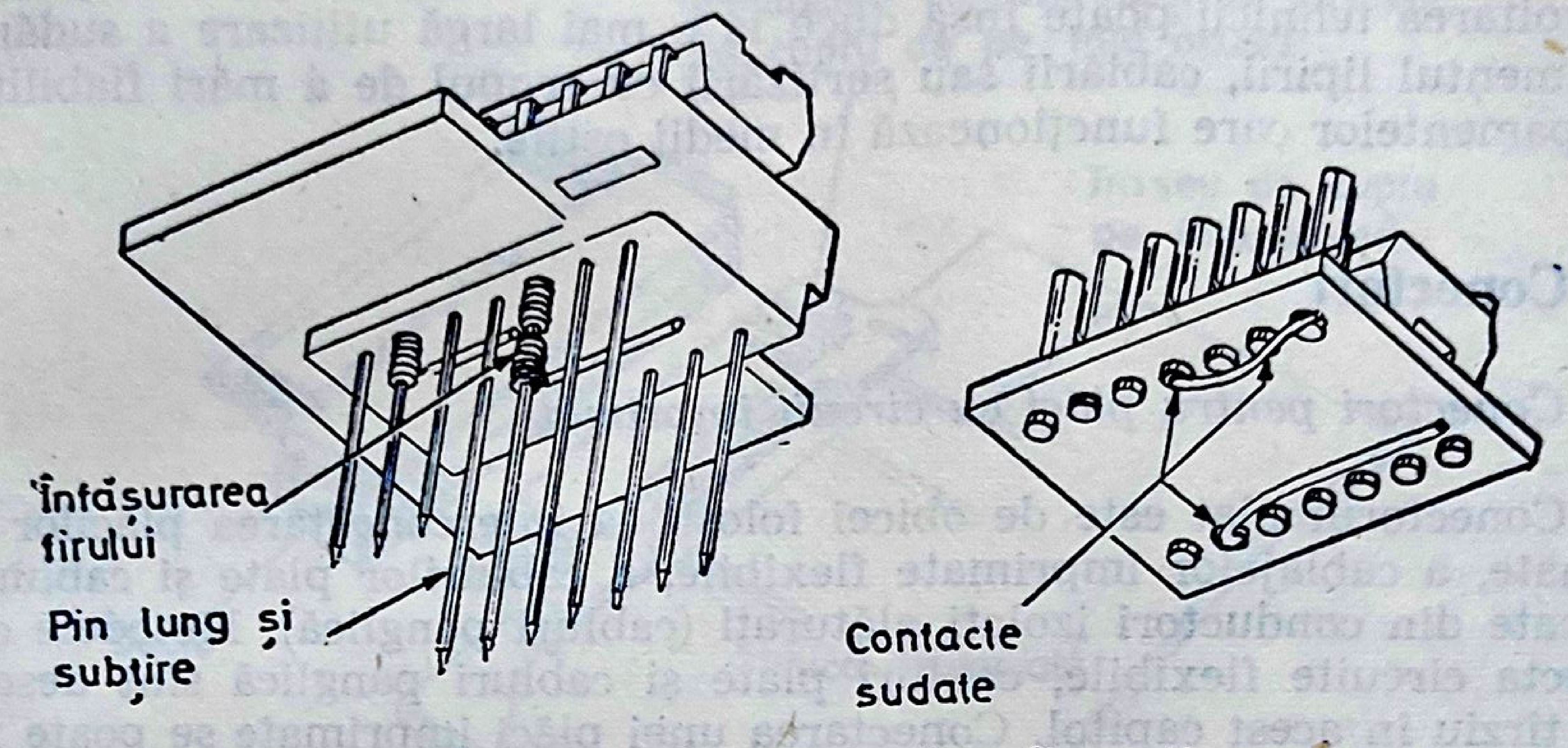


Fig. 6.16. Avantajele conexiunii cu fir continuu.

Sudura prin descărcări în impulsuri

Această tehnică foloseşte ca sursă de energie descărcarea unui condensator. Piesele care urmează a fi sudate servesc ca un electrod şi se amorsează un arc între acestea şi un electrod de tungsten. Se realizează un cordon de sudură fără deformarea materialului. Căldura generată în timpul sudării este concentrată şi de scurtă durată, astfel că se pot suda cu uşurinţă materiale foarte diferite ca masă şi conductivitate termică; de exemplu, se pot suda cap la cap un fir liţat cu o placă groasă de oţel. Sudura prin descărcări în impulsuri, este, de asemenea, un mijloc convenabil de a lega capetele unui fir liţat în scopul a se păstra şi a fi mînuit mai uşor. Sudarea cu arc prin rezistenţă de contact este o variantă a tehnicii în impulsuri şi foloseşte ca sursă de energie tot descărcarea unui condensator, dar electrozii sînt chiar piesele ce urmează a fi sudate. Una din piese este fixată într-un dispozitiv în timp ce cealaltă este fixată la un cap de sudură electromecanic. Cînd se ating piesele se închide circuitul de sudură. La începutul procesului de sudură, impulsul de înaltă frecvenţă ionizează gazul din cîmpul de contact, închide circuitul şi permite curentului de descărcare al condensatorului să încălzească piesele. Curentul de sudură trece de asemenea printr-un mecanism de acţionare electromecanic care aduce piesele de sudat în contact. Acest lucru are ca urmare deformarea la cald a sudurii eliminîndu-se virtual toate peliculele de oxid de pe suprafețele în contact și realizîndu-se o îmbinare cap la cap rezistentă și fiabilă.

În prezent (1971), sudarea se folosește mai ales la conectarea componentelor electronice din sistemele supuse la șocuri și vibrații mari. Dezvoltarea tehnicii poate însă duce la o mai largă utilizare a sudării în detrimentul lipirii, cablării sau sertizării cu scopul de a mări fiabilitatea echipamentelor care funcționează în medii ostile.

Conectori

Conectori pentru plăci cu circuit imprimat

Conectorul plat este de obicei folosit la interconectarea plăcilor imprimate, a cablajelor imprimate flexibile, a cablurilor plate și cablurilor formate din conductori izolați alăturați (cabluri panglică). Metodele de a conecta circuite flexibile, cabluri plate și cabluri panglică sînt descrise mai tîrziu în acest capitol. Conectarea unei plăci imprimate se poate face cu un conector de capăt în care se introduce direct placa (fig. 6.17) sau cu un soclu în care se introduce partea cu fișe, aceasta fiind fixată pe placa imprimată independent de conductorii electrici, așa cum este de exemplu la conectorul ISEP fabricat de Standard Telephones and Cables Ltd (fig. 6.18).

Cum eficiența unui conector depinde în ultimă instanță de menținerea unui contact strîns între cele două părți ale lui, conectorul tată, și conectorul mamă, presiunea de contact are o mare importanță. În mod normal, cu cît presiunea de contact este mai mare, rezistența de contact în condițiile date este mai mică și fiabilitatea conexiunii mai bună. Pentru conectorii care trebuie să funcționeze satisfăcător și după un număr mare

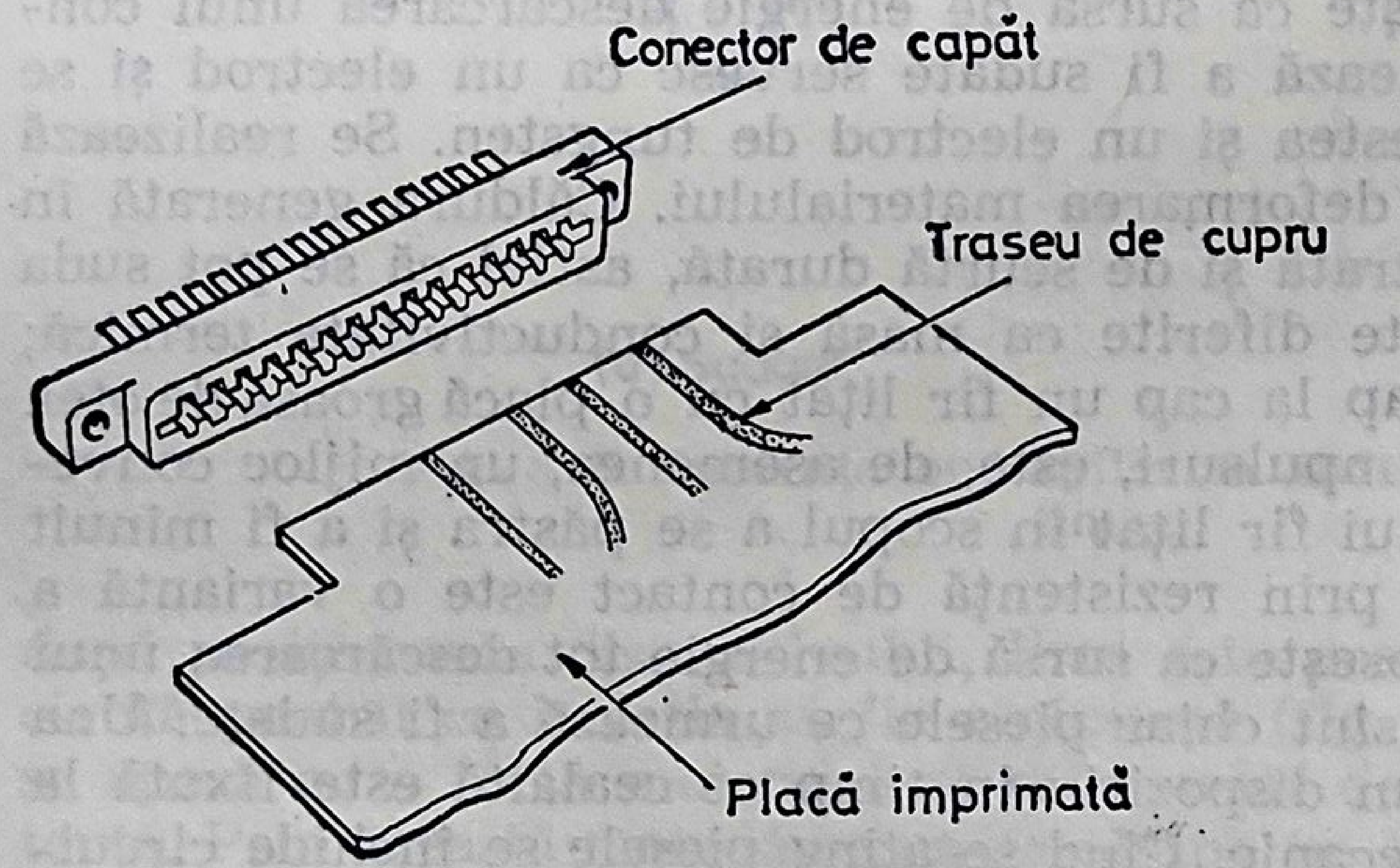


Fig. 6.17. Conector de capăt pentru placă imprimată obișnuită.

de conectări, deconectări (mai mare de 100), au o mare importanţă forma suprafeţei de contact şi presiunea de contact.

Se poate obţine o fiabilitate bună cu conectori avînd contactele metalice de rezistenţă electrică mică, rezistenţă mare la coroziune la o

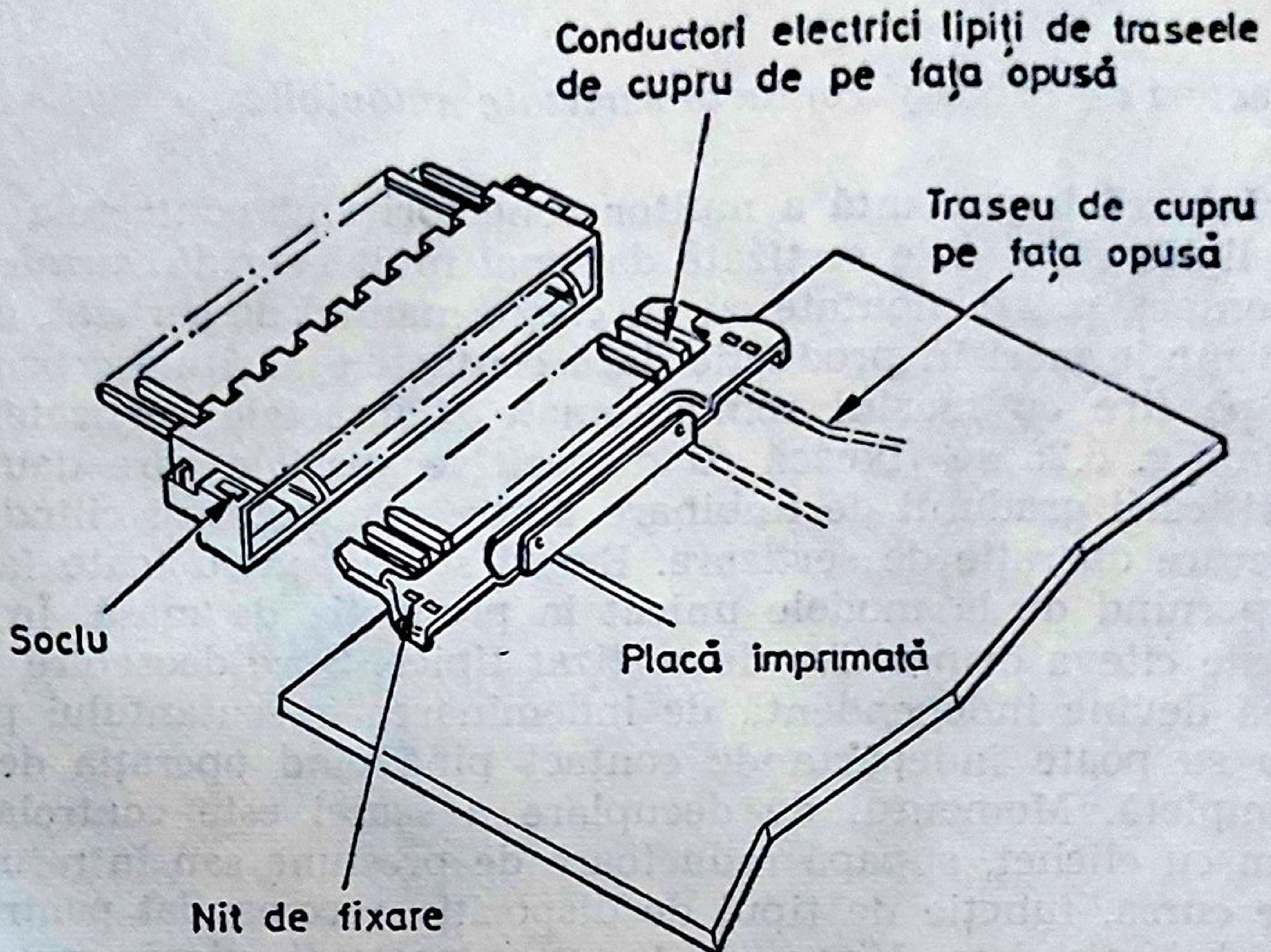

Conductori electrici lipiţi de traseele de cupru de pe faţa opusă
Traseu de cupru pe faţa opusă
Soclu
Placă imprimată
Nit de fixare

Fig. 6.18. Exemplu tipic de conector de capăt care necesită montarea mecanică a jumătăţii „tată" pe placa imprimată şi conectarea electrică la traseele de cupru ale plăcii (Standard Telephones and Cables Ltd).

presiune de contact medie şi suprafeţele de contact cît mai netede. Un element ce realizează toate aceste criterii într-un conector de capăt este arcul lamelar folosit de exemplu, în componentele fabricate de Ultra Electronics Ltd. (fig. 6.19). Acest tip special de arc trece uşor peste marginea plăcii imprimate, asigură patru puncte de contact şi presează cu o forţă egală pe toată suprafaţa conductorului imprimat. Mulţi fabricanţi produc variante ale acestui tip de contact şi obţin rezultate excelente.

Proiectarea conectărilor pentru plăci imprimate, ce urmează a fi folosite în scopuri militare, cere o atenţie sporită la calitatea materialelor şi finisarea contactelor. Trebuie prevăzute interstiţii între păr-

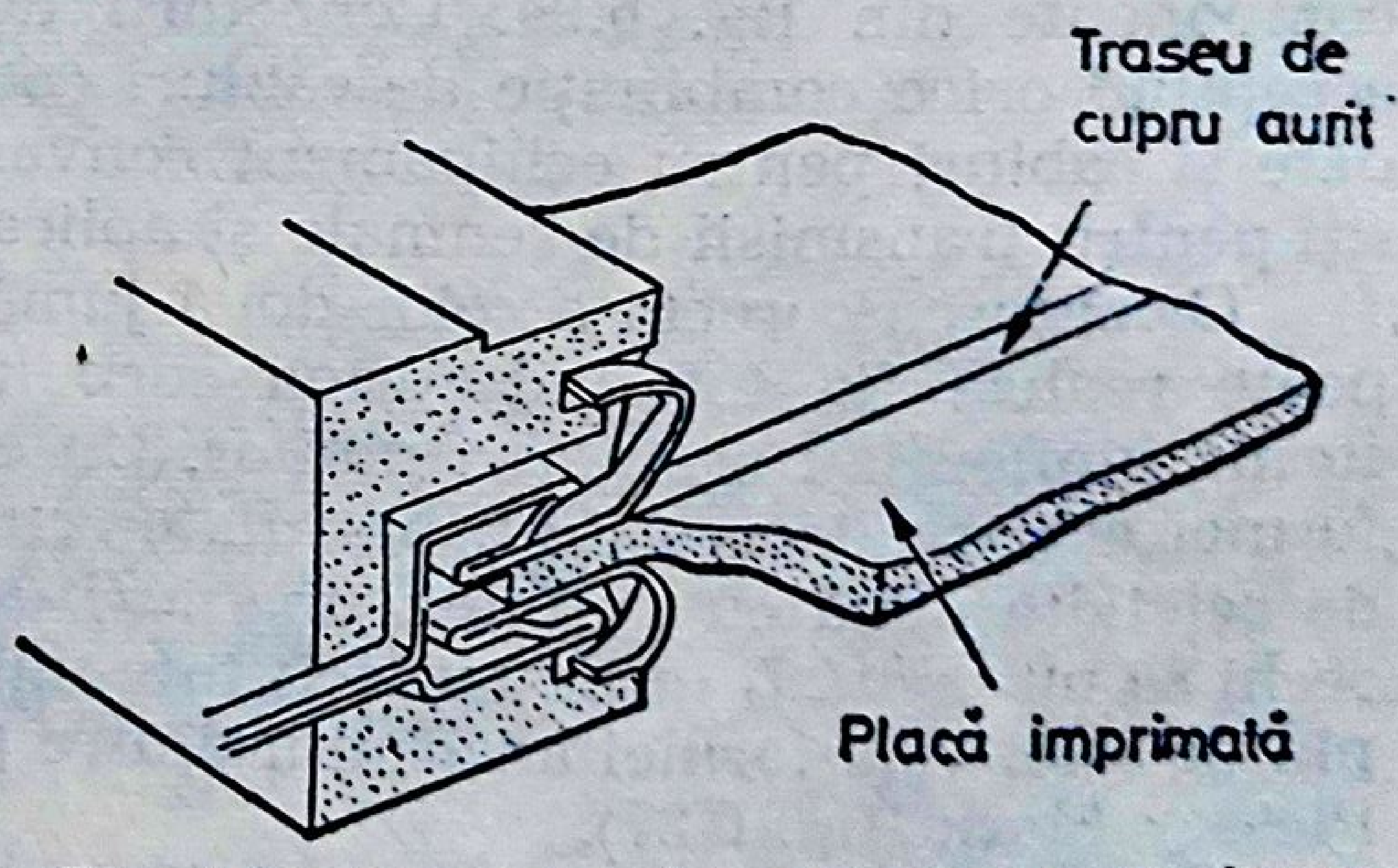

Traseu de cupru aurit
Placă imprimată

Fig. 6.19. Exemplu de contact cu arc lamelar (ULTRA Electronics Ltd).

ţile în contact, între porţiunea de contact a plăcii şi conector pentru a asigura eliminarea umezelii în condiţiile tropicale. La majoritatea conectorilor ce pot fi montaţi pe plăci imprimate se poate folosi tehnica de lipire a firelor sau imersia.

Conectori de cablu şi contacte sertizate amovibile

O trăsătură importantă a multor conectori sînt contactele amovibile atît cele lipite cît şi cele sertizate dar mai mult cele din urmă. Elementele de contact, pot fi montate cu un cleşte manual de sertizat, dar se pot obţine avantaje mari în producţie dacă contactele alcătuiesc benzi şi sînt aplicate pe fire cu maşini semiautomate. Contactele sertizate, ca cele arătate în fig. 6.25 se fixează cu dispozitive speciale care dau posibilitatea verificării gradului de îmbinare dintre conductor şi cilindrul sertizor la fiecare operaţie de sertizare. Există scule pentru toate fazele producţiei, pornind de la modele unicat la producţia de masă. În fig. 6.20 sînt arătate cîteva dispozitive de sertizat tipice. Spre deosebire de lipire, îmbinarea devine independentă de îndemînarea executantului pentru că scula nu se poate îndepărta de contact pînă cînd operaţia de sertizat nu e completă. Momentul de decuplare a sculei este controlat de un mecanism cu clichet, supapă reductoare de presiune sau întrerupător de sfîrşit de cursă, funcţie de tipul de dispozitiv recomandat pentru condiţiile de fabricaţie date. Viteza de lucru ce poate fi atinsă, care influenţează evident preţul de cost, este determinată exclusiv de dexteritatea executantului.

Un exemplu de conector care utilizează contacte sertizate între fir şi pinul terminal este conectorul BICC-Burndy „HYFEN“ (fig. 6.21). După sertizare contactele sînt inserate într-un corp de conector turnat şi blocate prin destindere (fig. 6.22).

Ele necesită o sculă specială pentru a fi scoase arătată în fig. 6.23. Un contact coaxial, subminiatural, HYFEN este constituit din cele şase componente din fig. 6.24. Conectorii de acest fel sînt foarte versatili, acceptînd orice combinaţie de cabluri coaxiale miniaturale, cabluri torsadate şi cabluri pentru echipament convenţional (fig. 6.25). Ei pot fi folosiţi pentru transmisii de semnale şi aplicaţii de putere mică.

Orientarea corectă a celor două jumătăţi ale conectorului de cablu se poate realiza fie folosind forma corpului de conector, adaosul turnat, forma pinilor sau aranjarea pinilor. Un exemplu de orientare cu ajutorul formei este realizarea unui patrulater cu două laturi opuse înclinate faţă de celelalte două cu anumite unghiuri, astfel încît cele două corpuri perechi să nu poată fi inserate decît într-un singur mod (fig. 6.26). Un exemplu de folosire a formei adaosului dintre pini, se poate vedea la conectorul Plessey Mark (fig. 6.27).

Orientarea rectangulară a pinilor este folosită la conectorul miniatural Multicon de tip Jones fabricat de Painton Ltd., în care unul sau

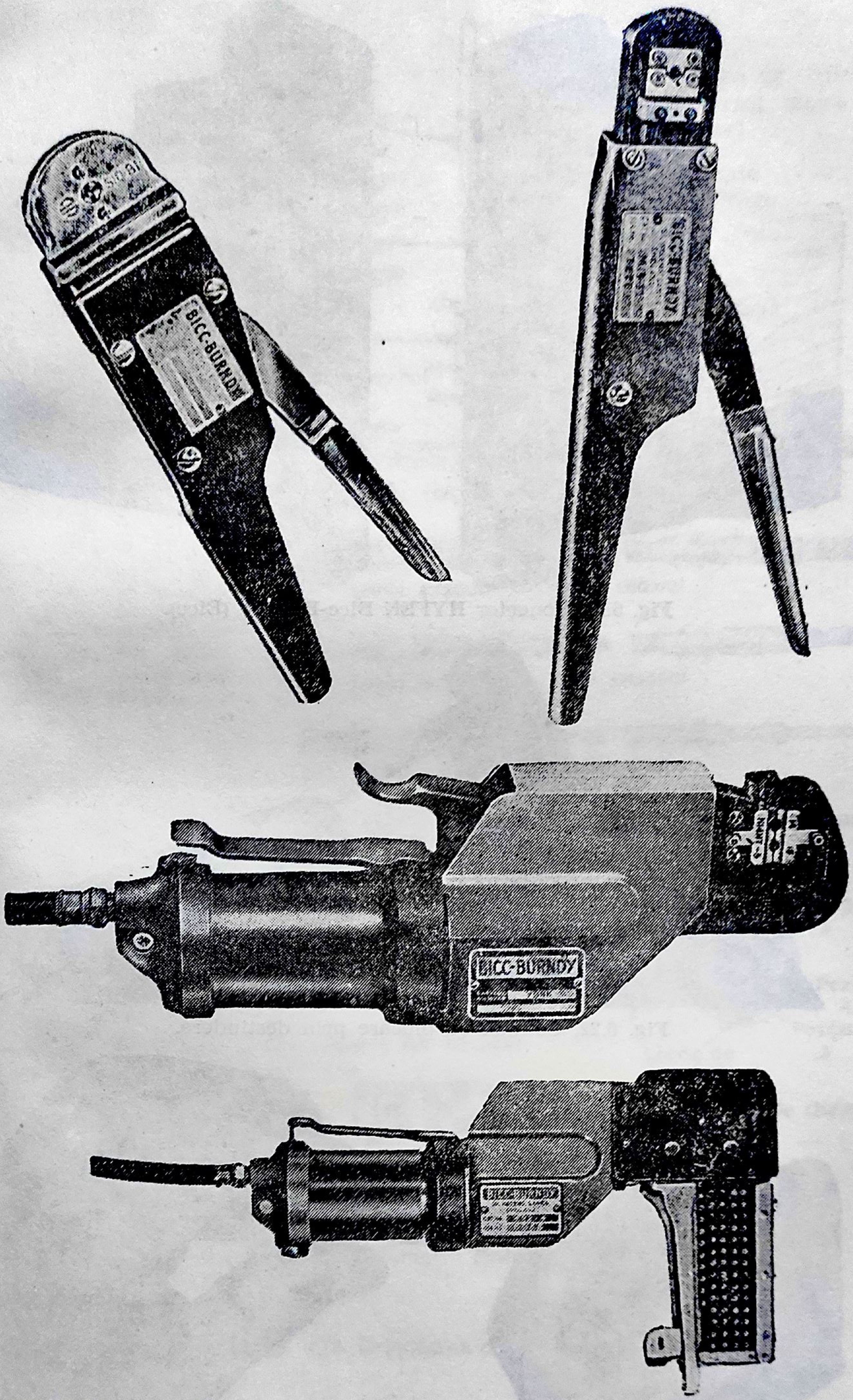

BICC-BURNDY
BICC-BURNDY
BICC-BURNDY
BICC-BURNDY

Fig. 6.20. Serie de dispozitive de sertizat ce asigură același grad de stringere la fiecare operație.

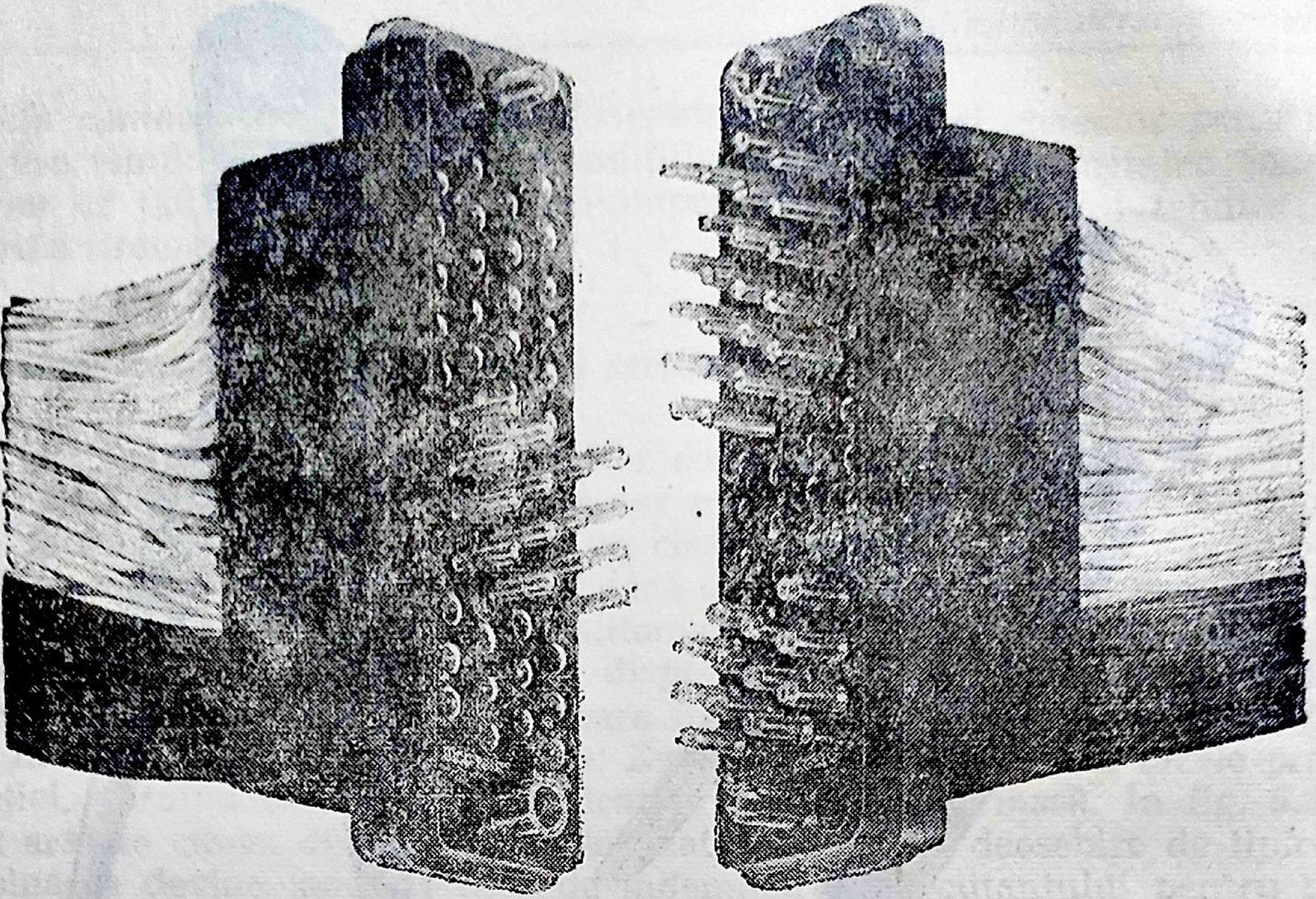


Fig. 6.21. Conector HYFEN Bicc-Burndy (Bicc).

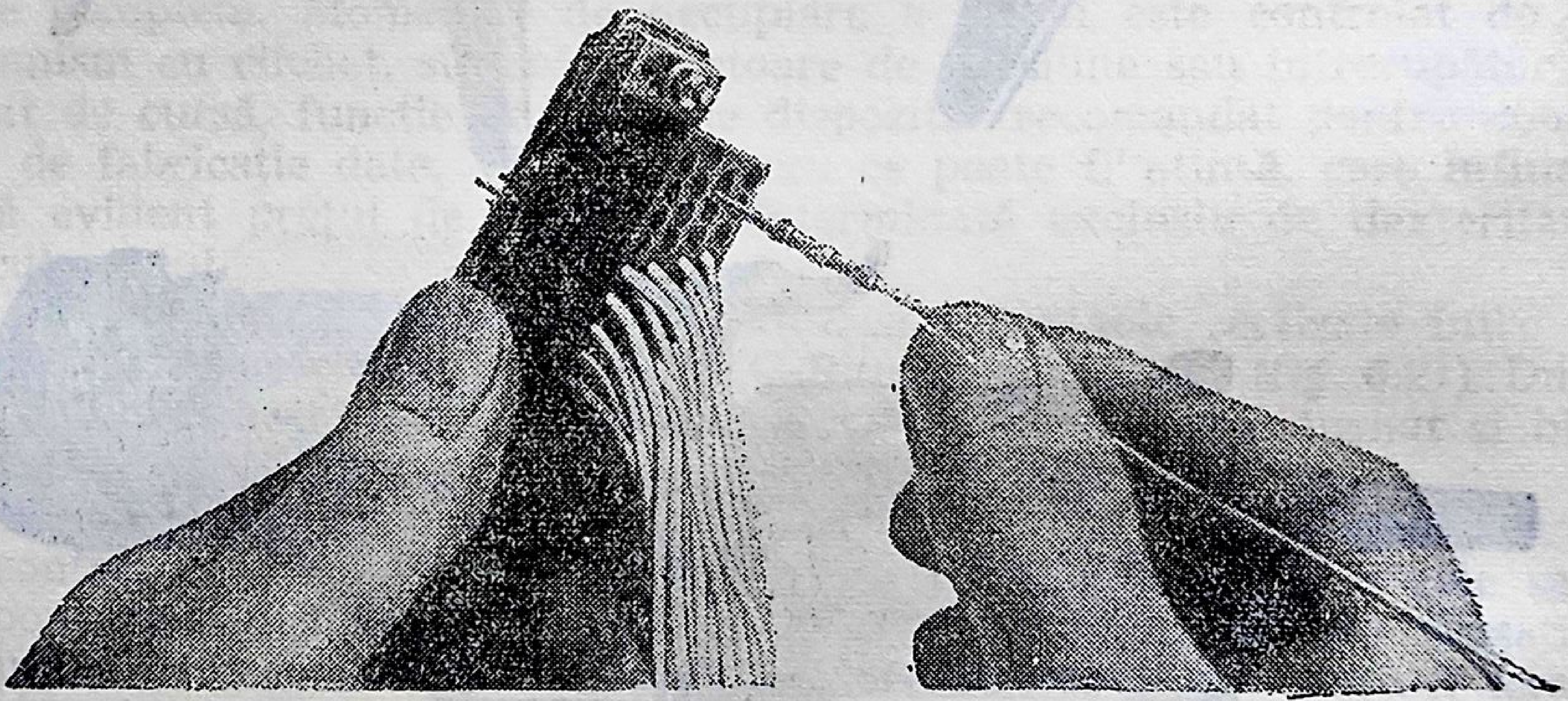


Fig. 6.22. Contact cu blocare prin destindere.

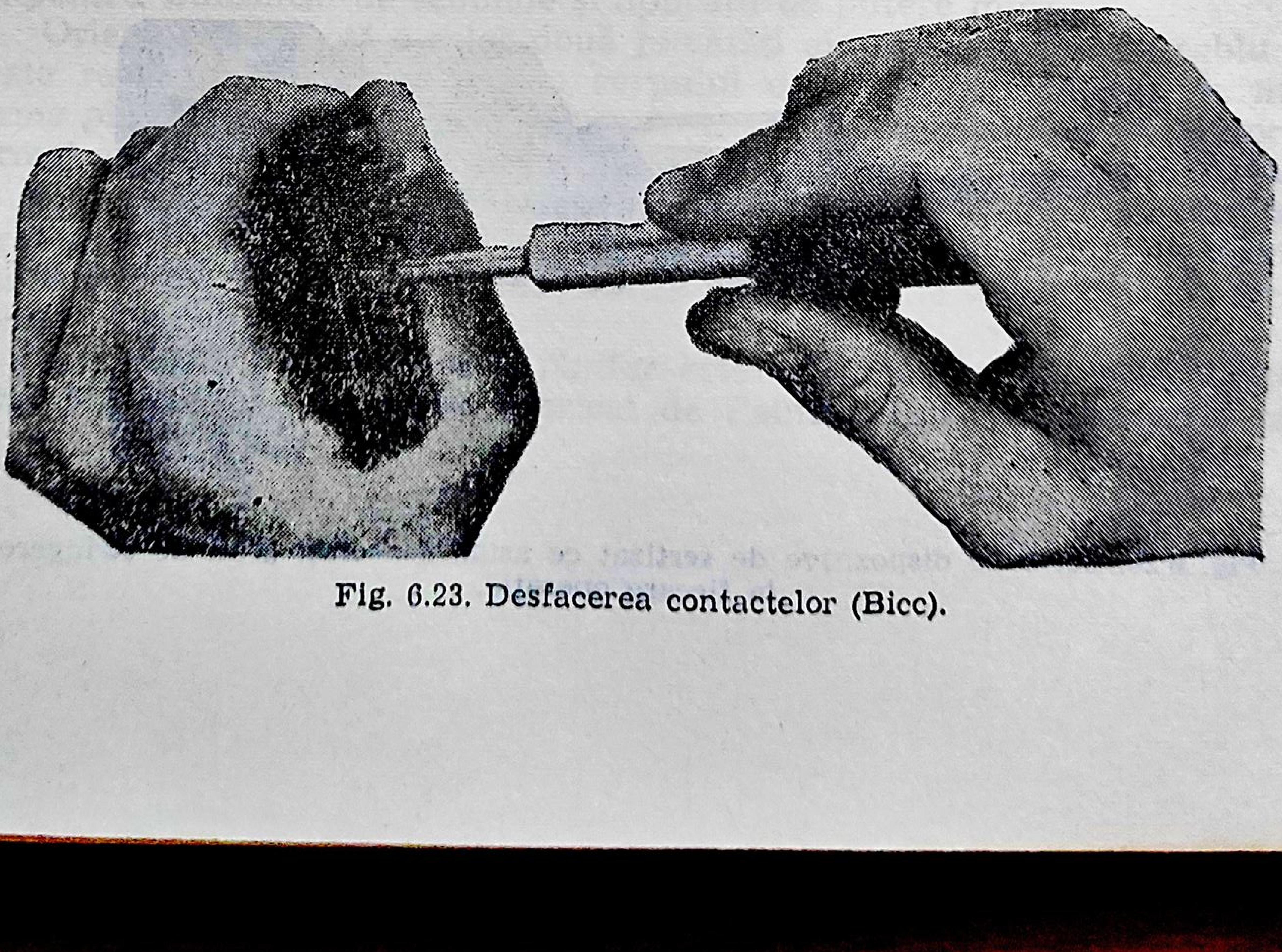


Fig. 6.23. Desfacerea contactelor (Bicc).

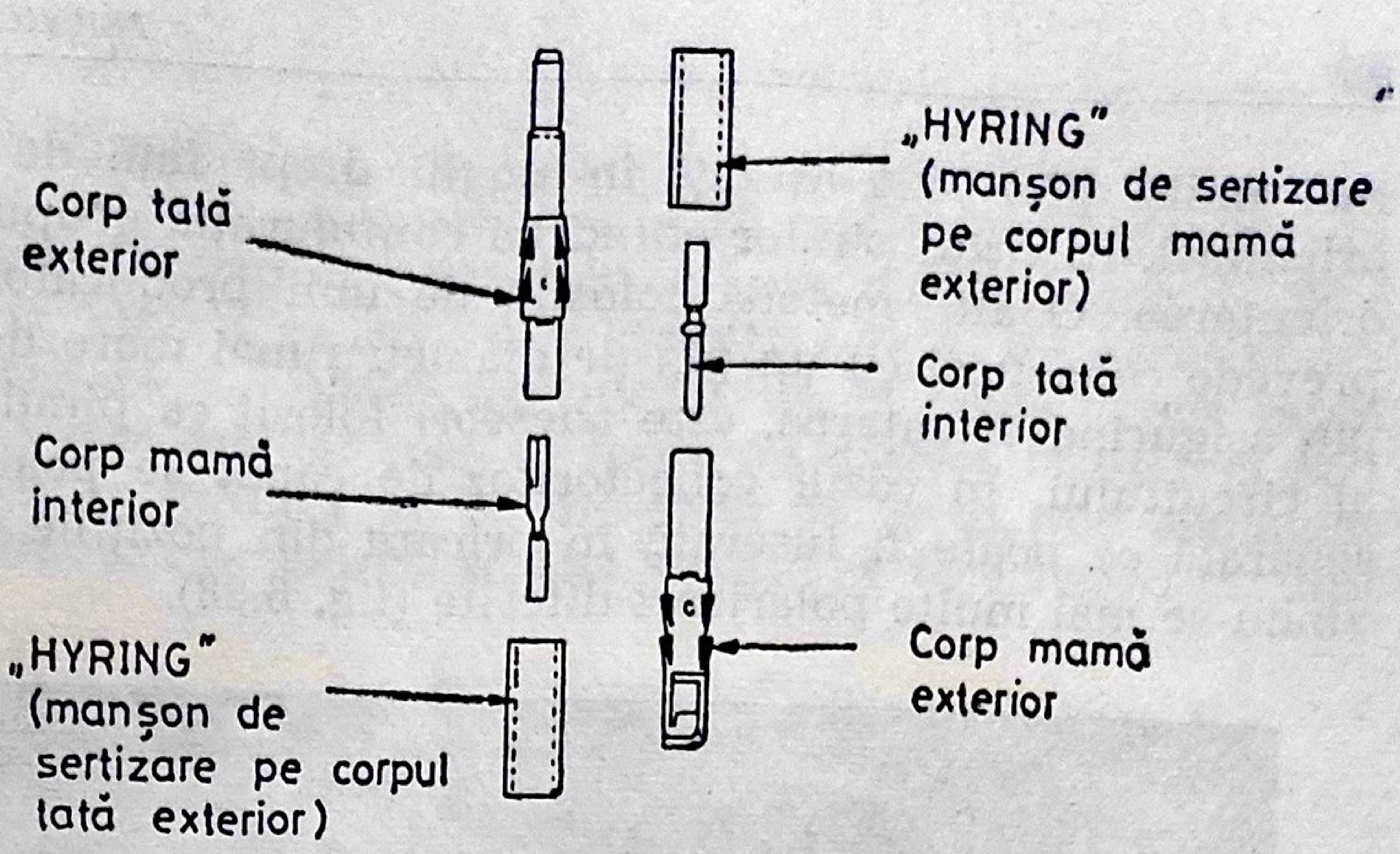
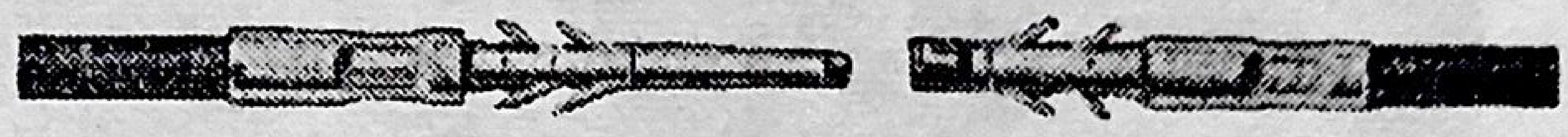
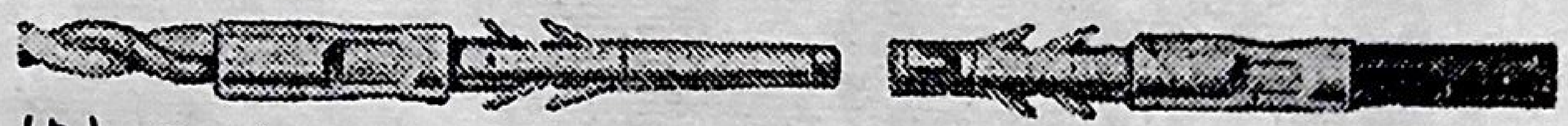

„HYRING"
(manşon de sertizare pe corpul mamă exterior)
Corp tată exterior
Corp tată interior
Corp mamă interior
„HYRING"
(manşon de sertizare pe corpul tată exterior)
Corp mamă exterior

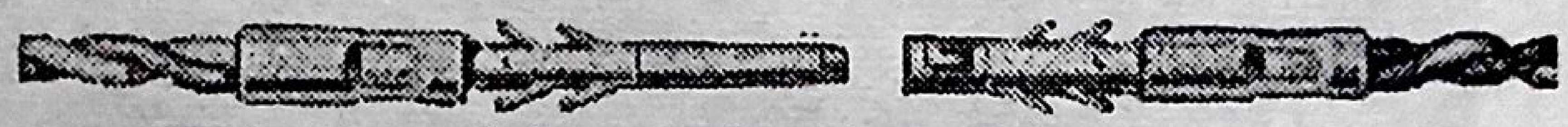
Fig. 6.24. Contacte HYFEN coaxiale subminiaturale (BICC).



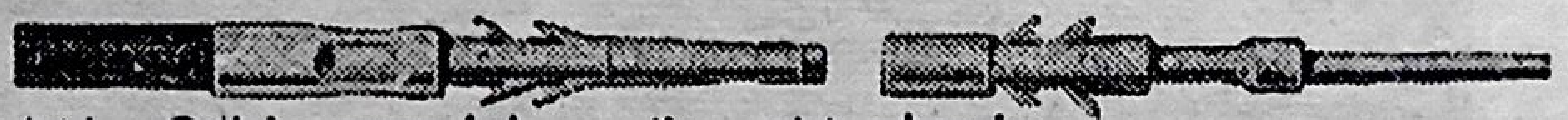
(a) Cablu coaxial cu cablu coaxial



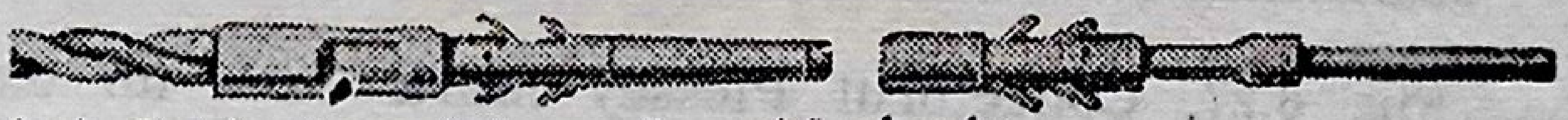
(b) Cablu torsadat cu cablu coaxial



(c) Cablu torsadat cu cablu torsadat

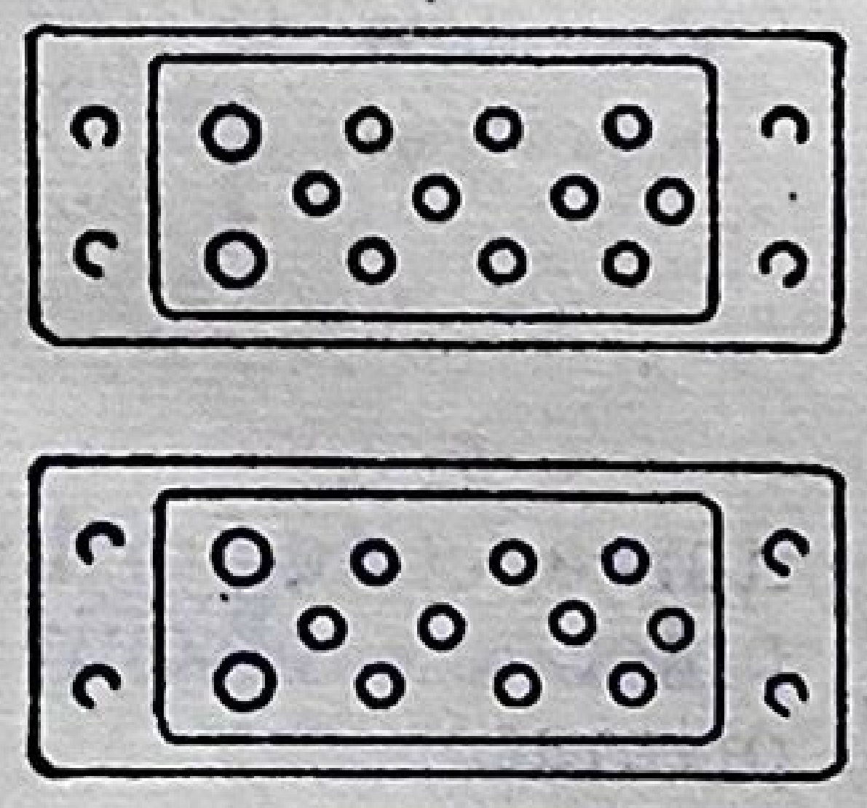


(d) Cablu coaxial cu fir cald simplu

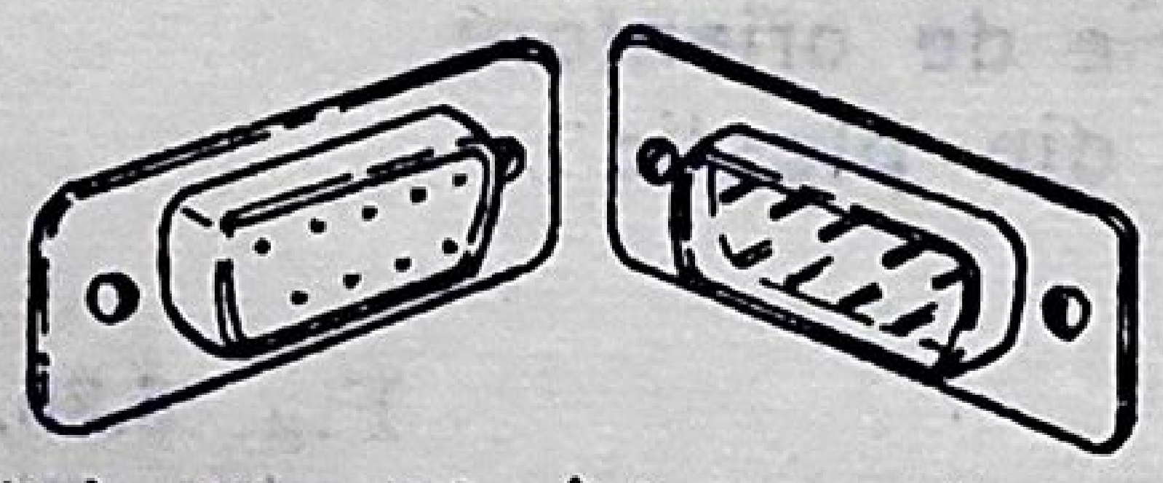


(e) Cablu torsadat cu fir cald simplu

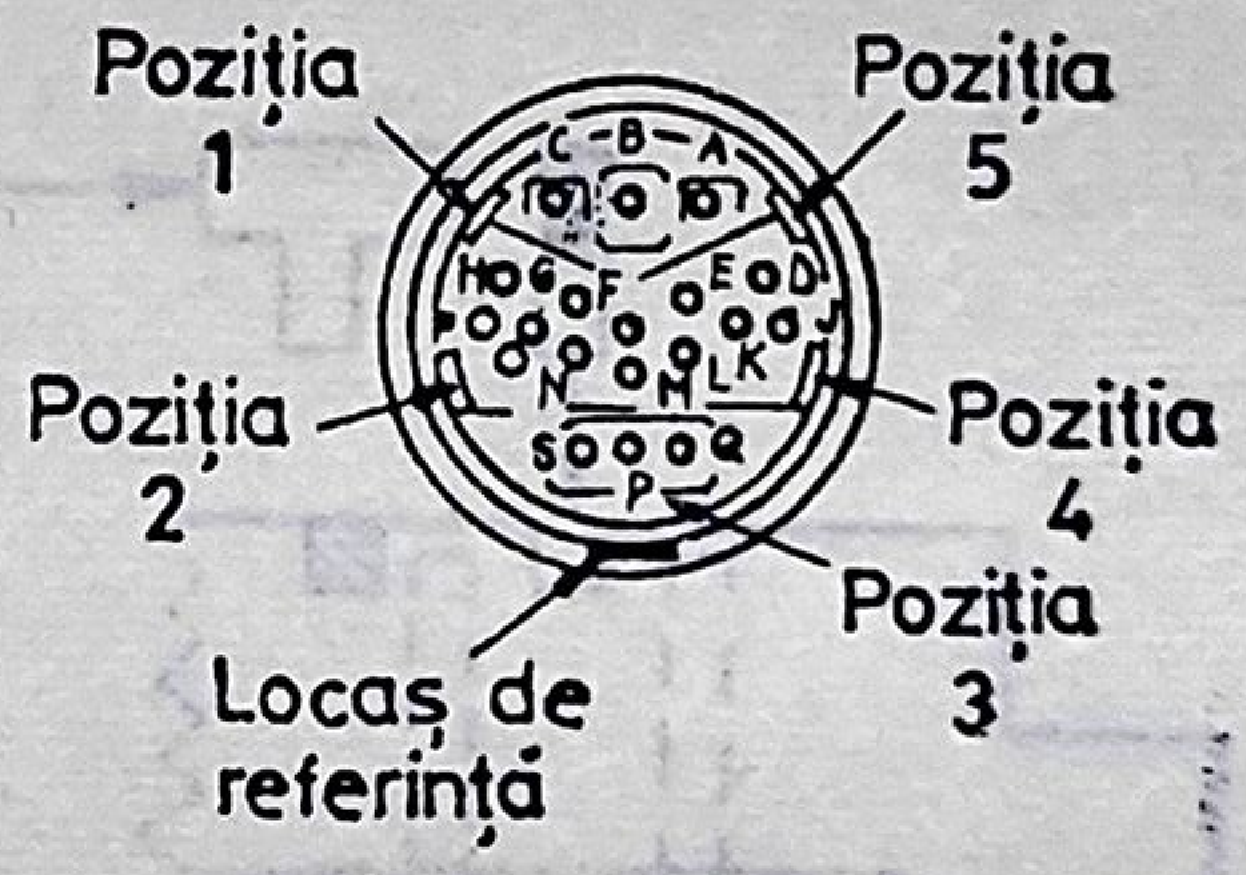
Fig. 6.25. Combinaţii de cabluri ce pot folosi conectori înlocuibili HYFEN (BICC).



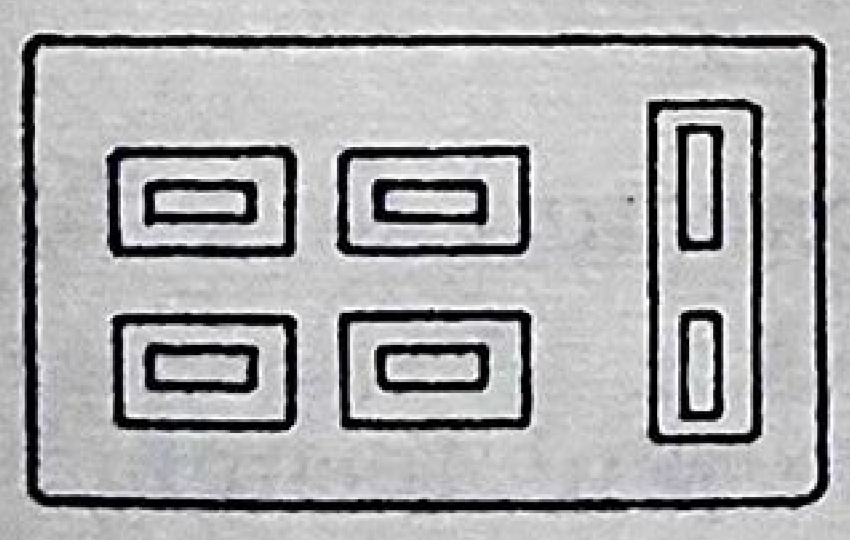
(a) Două secțiuni de pini



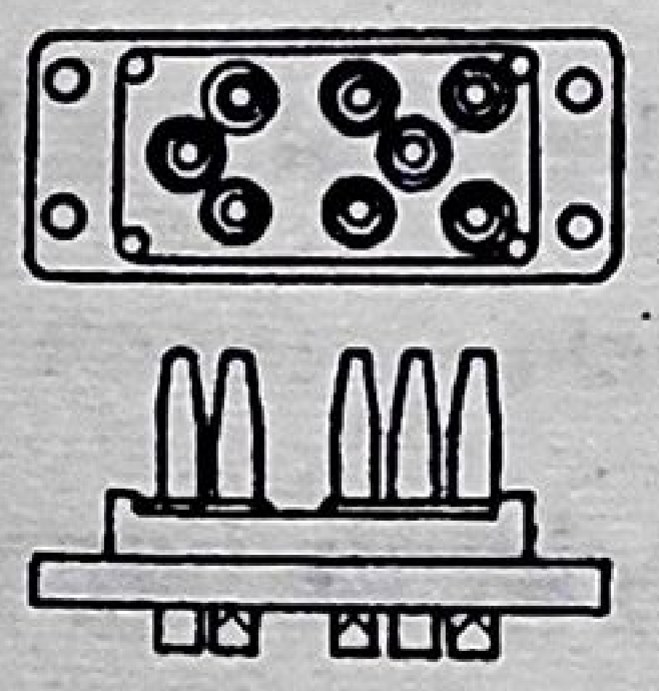
(b) Simetrie într-un plan


Poziția 1
Poziția 5
Poziția 2
Poziția 4
Poziția 3
Locaș de referință

(c) Locașuri de cheie



(d) Orientarea pinilor rectangulari



(e) Orientarea pinilor rotunzi

Fig. 6.26. Orientarea conectorilor.

mai mulţi pini sînt aşezaţi în unghi drept faţă de ceilalţi, în scopul orientării. În cazul pinilor cilindrici configuraţia grupului de pini asigură orientarea. O altă metodă folosită de unii producători este aceea de a prevede conectorii cu un pin de diametru mai mare decît ceilalţi şi acest pin asigurînd orientarea, este adeseori folosit ca pinul principal de masă al circuitului. În cazul conectorilor de capăt se poate prevede o cheie separată ce poate fi inserată în oricare din poziţiile conectorului, realizîndu-se mai multe polarizări diferite (fig. 6.28).

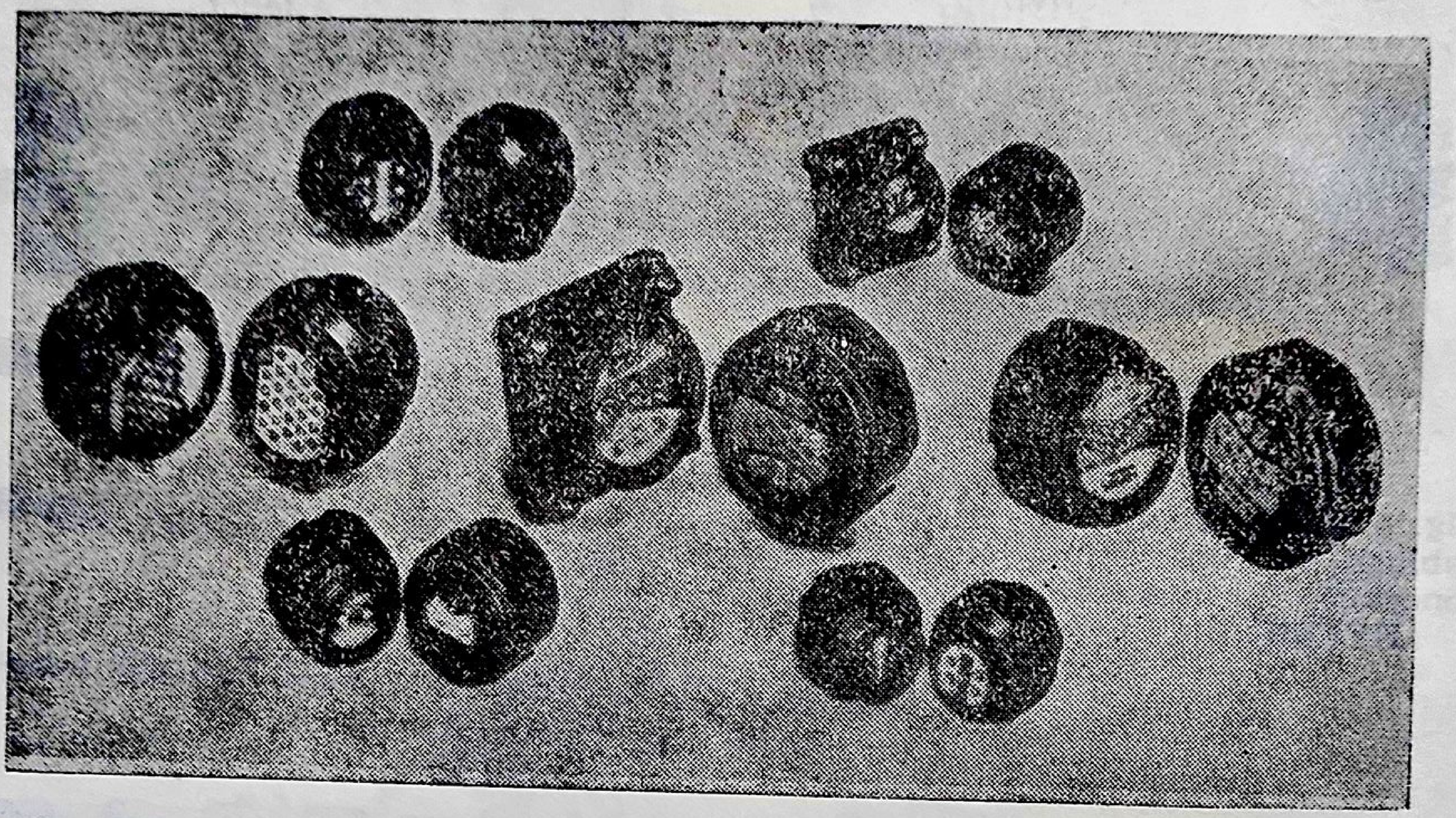


Fig. 6.27. Conectorul Plessey Mark 7 — un exemplu de orientare prin forma corpului turnat (Plessey Co Ltd).

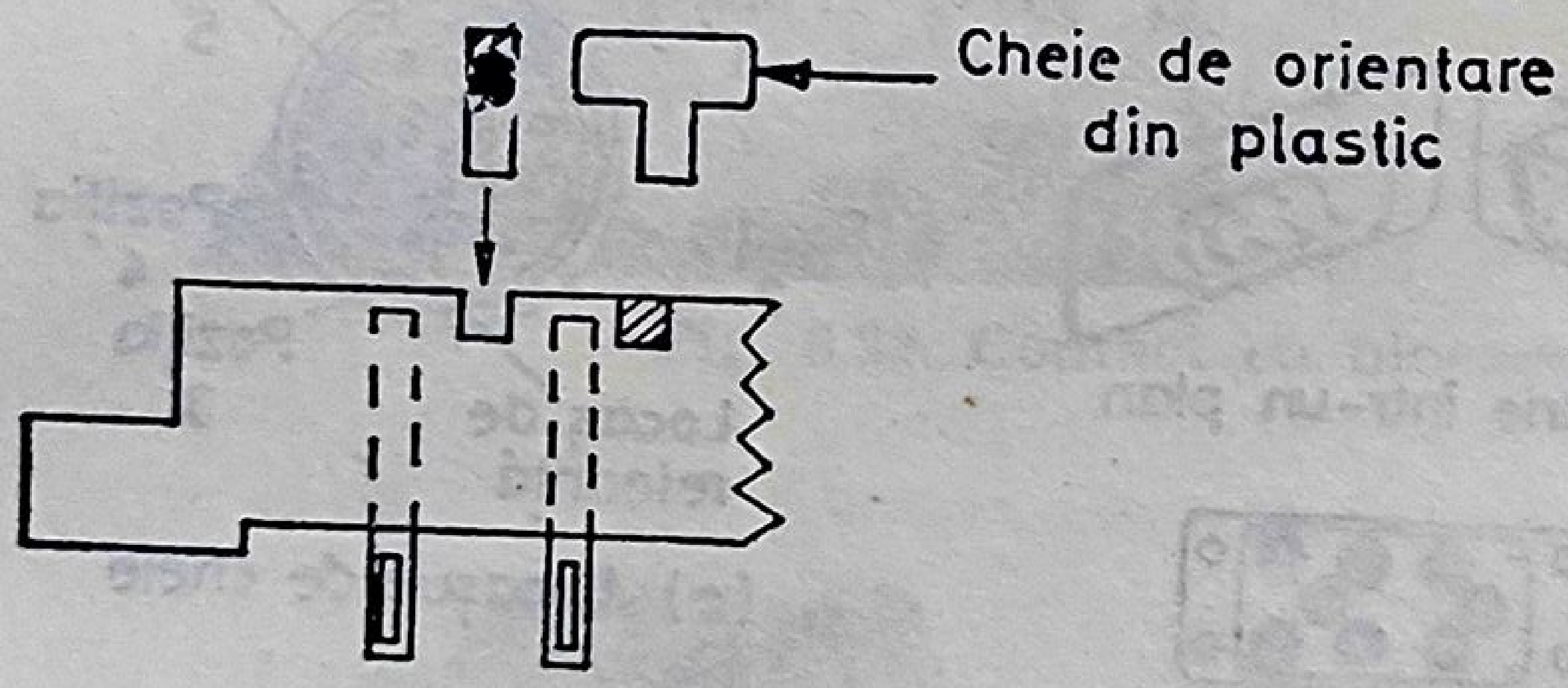


Fig. 6.28. Orientarea conectorilor de capăt pentru plăci cu circuit imprimat.

Terminali pentru plăci cu circuit imprimat şi conectori de cablu

Conectorii sînt prevăzuţi cu numeroase tipuri de pini terminali, fiecare firmă folosind variantele proprii ale unui anumit tip funcţional. Din această cauză, se impune o generalizare. Conectorii dreptunghiulari sau pătrați cu pinii dreptunghiulari, oferă în mod invariabil un acces mai ușor la terminali și asigură un spațiu mare pentru lipirea unui fir, în timp ce un conector cu corp circular folosind un număr mare de pini cilindrici este foarte limitat ca spațiu și conexiunile lipite necesită un grad mare de îndemînare din partea executantului. În unele cazuri capătul pinului terminal este tubular ceea ce poate da naștere la lipituri reci existînd posibilitatea ca lipitura să fie dislocată de aerul cald acumulat în tub, care se destinde. Prevenirea acestei situații se face teșind capătul

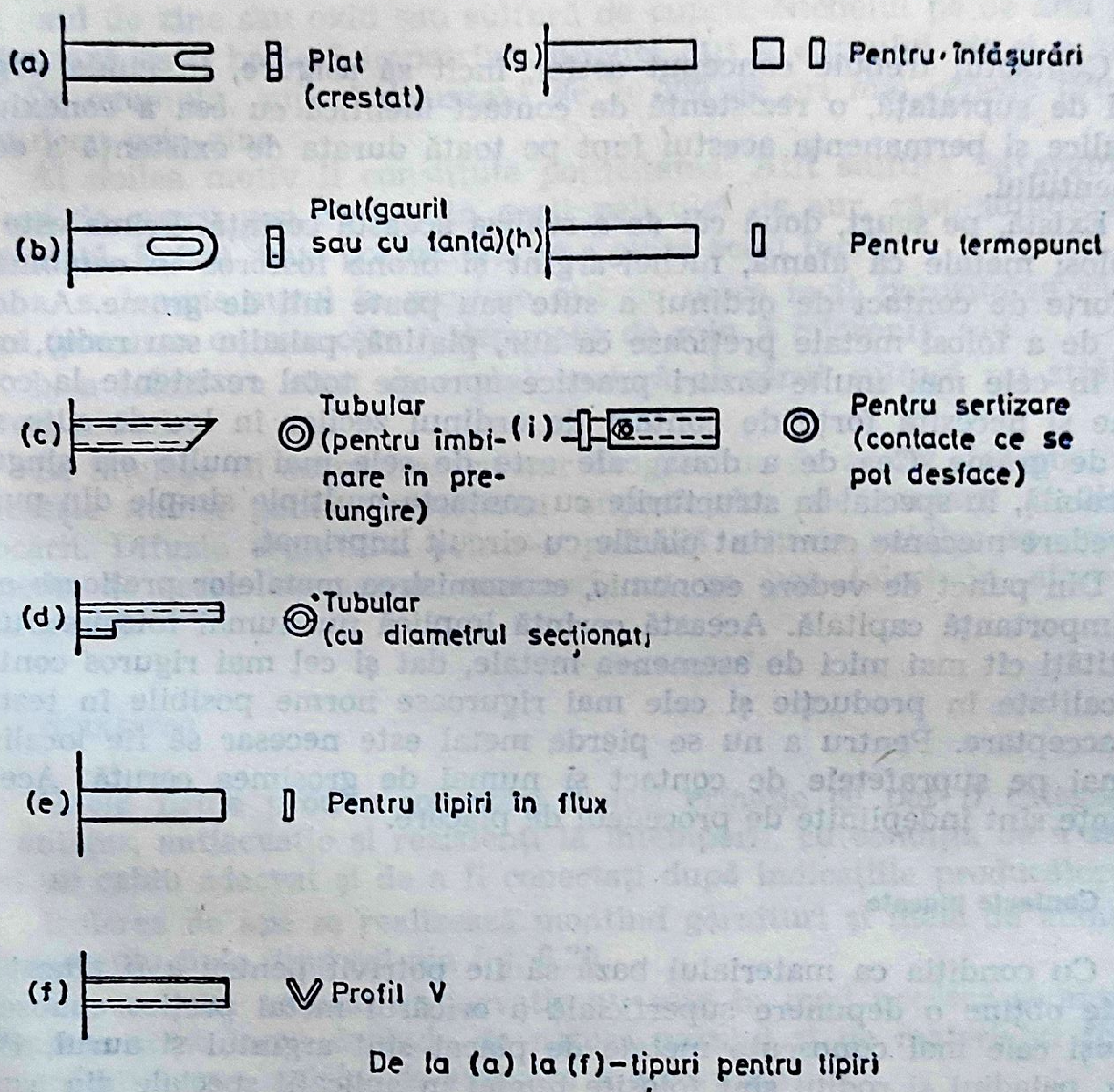

(a)
Plat
(crestat)
(g)
Pentru înfășurări
(b)
Plat(gaurit
sau cu fantă)(h)
Pentru termopunct
(c)
Tubular
(pentru îmbinare în prelungire)
(i)
Pentru sertizare
(contacte ce se pot desface)
(d)
Tubular
(cu diametrul secționat)
(e)
Pentru lipiri în flux
(f)
Profil V
De la (a) la (f)–tipuri pentru lipiri

Fig. 6.29. Forme de pini terminali.

tubului la un unghi, sau despicîndu-l în două, asigurînd astfel expansiunea gazelor (fig. 6.29, c și d).

Unii conectori sînt prevăzuți cu terminali pentru lipit, drepți și scurți ce pot fi trecuți prin placa imprimată și lipiți chiar de traseele de cupru. Pinii terminali ai conectorilor de capăt ai plăcilor imprimate sînt deseori din profil V cu sau fără gaură transversală, astfel ca firul să poată fi aşezat în profil şi lipit (fig. 6.29, f). Metoda termopunct, descrisă mai înainte în acest capitol, necesită pini terminali cu secţiune dreptunghiulară, (fig. 6.29, h) iar metoda înfăşurării, de asemenea descrisă mai devreme, foloseşte pini terminali cu secţiune pătrată sau dreptunghiulară.

Finisarea contactelor (pentru aplicaţii de tensiune mică)

Contactul trebuie conceput astfel, încît să asigure, în ciuda degradării de suprafaţă, o rezistenţă de contact identică cu cea a conexiunii metalice şi permanenţa acestui fapt pe toată durata de existenţă a echipamentului.

Există, pe scurt, două căi de a realiza această cerinţă. Prima este de a folosi metale ca alamă, nichel-argint şi bronz fosforos în combinaţie cu forţe de contact de ordinul a sute sau poate mii de grame. A doua este de a folosi metale preţioase ca aur, platină, paladiu sau rodiu, care sînt în cele mai multe cazuri practice aproape total rezistente la coroziune şi necesită forţe de contact de ordinul zecilor în loc de sute sau mii de grame. Cea de a doua cale este de cele mai multe ori singura aplicabilă, în special la structurile cu contacte multiple simple din punct de vedere mecanic cum sînt plăcile cu circuit imprimat.

Din punct de vedere economic, economisirea metalelor preţioase este de importanţă capitală. Această cerinţă implică nu numai folosirea unei cantităţi cît mai mici de asemenea metale, dat şi cel mai riguros control de calitate în producţie şi cele mai riguroase norme posibile în testele de acceptare. Pentru a nu se pierde metal este necesar să fie localizat numai pe suprafeţele de contact şi numai de grosimea cerută. Aceste cerinţe sînt îndeplinite de procedeul de placare.

Contacte placate

Cu condiţia ca materialul bază să fie potrivit pentru a fi placat se poate obţine o depunere superficială a oricărui metal preţios cunoscut. Totuşi cele mai cunoscute metale de placat sînt argintul şi aurul. Platina, paladiul şi rodiul sînt folosite numai în aplicaţii speciale din cauza costului relativ mare.

Depunerea de argint pe alamă, bronz fosforos sau beriliu-cupru asigură o conductibilitate extrem de bună şi este satisfăcătoare, în cele mai multe cazuri, exceptînd pe cele în care intervin gaze sulfuroase, sau cele în care frecvenţa deconectărilor poate cauza ştergerea depunerii. La stabilirea grosimii trebuie ţinut cont de faptul că argintul depus este relativ moale şi de numărul de conectări şi deconectări. În unele cazuri, în special la conectorii foarte mici se poate face pinul de contact în întregime din argint. Aurul se depune în mod normal peste argint sau peste nichel placat cu argint. Există două motive pentru care nichelul este preferat ca bază pentru placare cu aur. Primul este difuzia. Atît argintul cît şi nichelul difuzează extrem de încet în aur, cu o viteză care nu prezintă o problemă serioasă. Zincul şi cuprul difuzează rapid atît prin argint cît şi prin aur şi prin urmare, obiectele placate de multă vreme se vor acoperi de un strat de oxid din material străin, constînd din oxid de zinc sau oxid sau sulfură de cupru. Nichelul pe de altă parte acţionează ca o barieră împotriva difuziei atît a cuprului cît şi a zincului. De exemplu, cuprul difuzează de 10 000 de ori mai repede prin argint decît prin zinc.

Al doilea motiv îl constituie porozitatea. Atît sulfura de argint cît şi cea de cupru vor trece prin porii peliculei de aur, răspîndindu-se pe suprafaţă. Există două posibilităţi de a evita acest lucru:

a. a depune aurul în grosime atît de mare încît porozitatea să dispară (placarea cu aur cere o depunere de min 5 microni); sau

b. a folosi un strat de metal barieră ai cărui sulfură nu străbate; de ex. nichel.

Se înţelege că acoperirea cu aur de grosime de aprox. 1/2 micron se foloseşte numai pentru protejarea suprafeţelor de contact în timpul stocării. Difuzia argintului printr-o peliculă atît de subţire se produce repede de aceea asemenea conectori nu se pot folosi în atmosferă sulfuroasă.

Etanşarea

Unele firme produc conectori izolaţi ermetic ce pot fi categorisiţi în antigaz, antiacvatic şi rezistenţi la intemperii, cu condiţia de a se folosi un cablu adecvat şi de a fi conectaţi după indicaţiile producătorului.

Izolarea de apă se realizează montînd garnituri şi inele de etanşare, un exemplu tipic fiind cel din fig. 6.30.

Un conector etanşat antiacvatic nu este în mod necesar şi antigaz, deoarece acest lucru depinde de natura gazului şi de materialul folosit la confecţionarea inelelor de etanşare şi a garniturilor.

Este părerea multora că, corpurile cilindrice de conectori se pot etanşa mult mai simplu decît cele dreptunghiulare, de asemenea fixarea cablului de corpul conectorului se face mai uşor. Aplicarea chimiei radiaţiilor la componente plastice şi elastomerice cu anumite formule a dus la obţinerea de tuburi şi corpuri turnate contractabile la cald, ce izolează şi etanşează îmbinările din cabluri şi utilaje şi de „coturi“ de protecţie a cablurilor potrivite pe corpul conectorului.

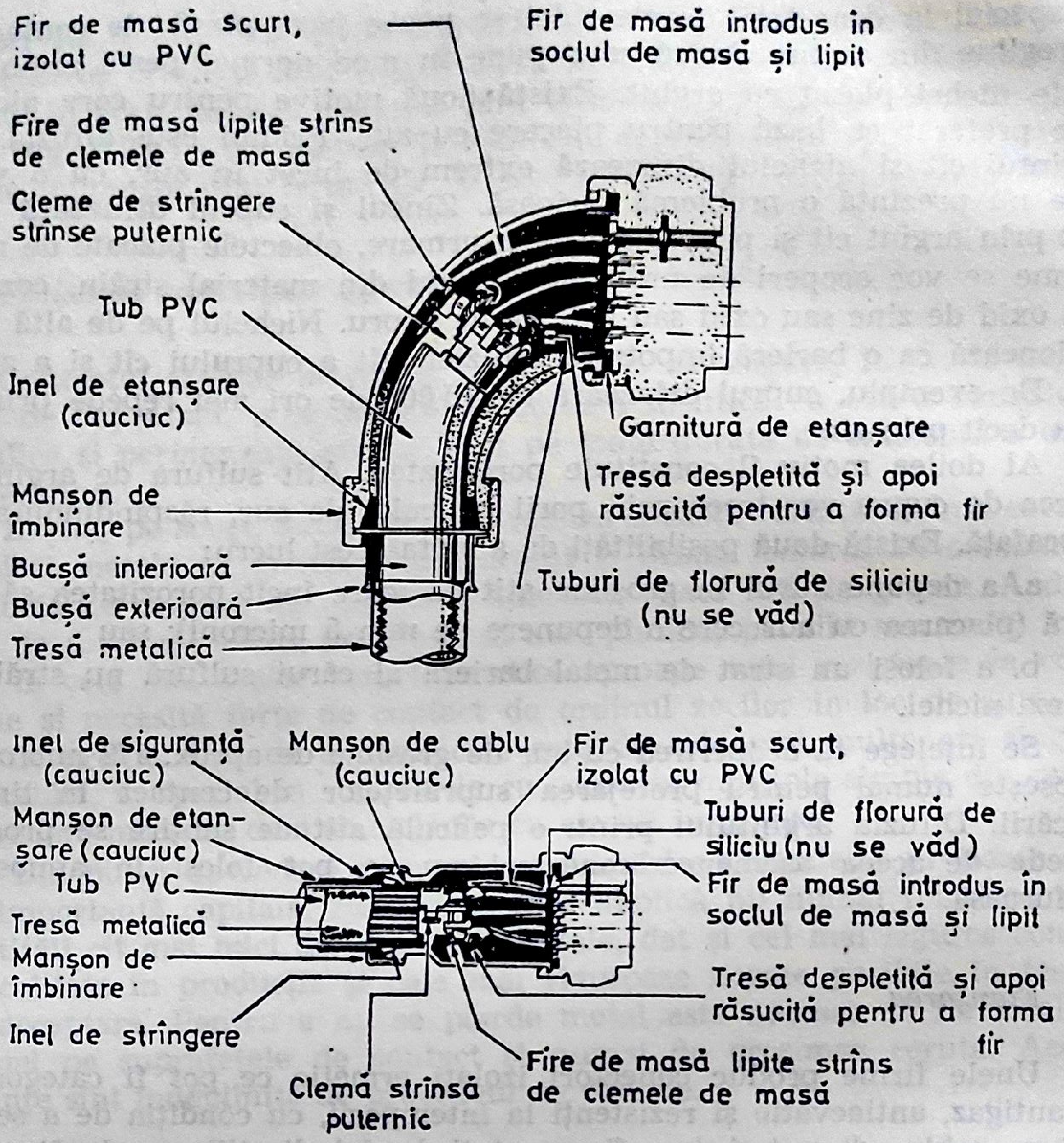

Fir de masă scurt, izolat cu PVC
Fir de masă introdus în soclul de masă și lipit
Fire de masă lipite strîns de clemele de masă
Cleme de strîngere strînse puternic
Tub PVC
Inel de etanșare (cauciuc)
Manșon de îmbinare
Bucșă interioară
Bucșă exterioară
Tresă metalică
Garnitură de etanșare
Tresă despletită și apoi răsucită pentru a forma fir
Tuburi de florură de siliciu (nu se văd)
Inel de siguranță (cauciuc)
Manșon de cablu (cauciuc)
Fir de masă scurt, izolat cu PVC
Manșon de etanșare (cauciuc)
Tuburi de florură de siliciu (nu se văd)
Tub PVC
Fir de masă introdus în soclul de masă și lipit
Tresă metalică
Manșon de îmbinare
Tresă despletită și apoi răsucită pentru a forma fir
Inel de strîngere
Fire de masă lipite strîns de clemele de masă
Clemă strînsă puternic

Fig. 6.30. Exemple de conectori rezistenţi la intemperii cu cablu DEF 10 (Plessey Co Ltd).

Dispozitive de retenţie (Fig. 6.32, a—e)

Majoritatea firmelor producătoare, fac conectori adecvaţi montării cablurilor sau montării pe şasiuri. Retenţia celor două jumătăţi ale conectorului se realizează cu inele filetate, lamele elastice, crestătură şi pin tip baionetă, sau şurub şi piuliţă. Cînd se conectează două cabluri, corpul sau capacul conectorului conţin şi dispozitivul de retenţie (de ex. lamela elastică) în timp ce în cazul montării în şasiu, este necesară o decupare în şasiu pentru aşezarea dispozitivului de retenţie. Cînd se

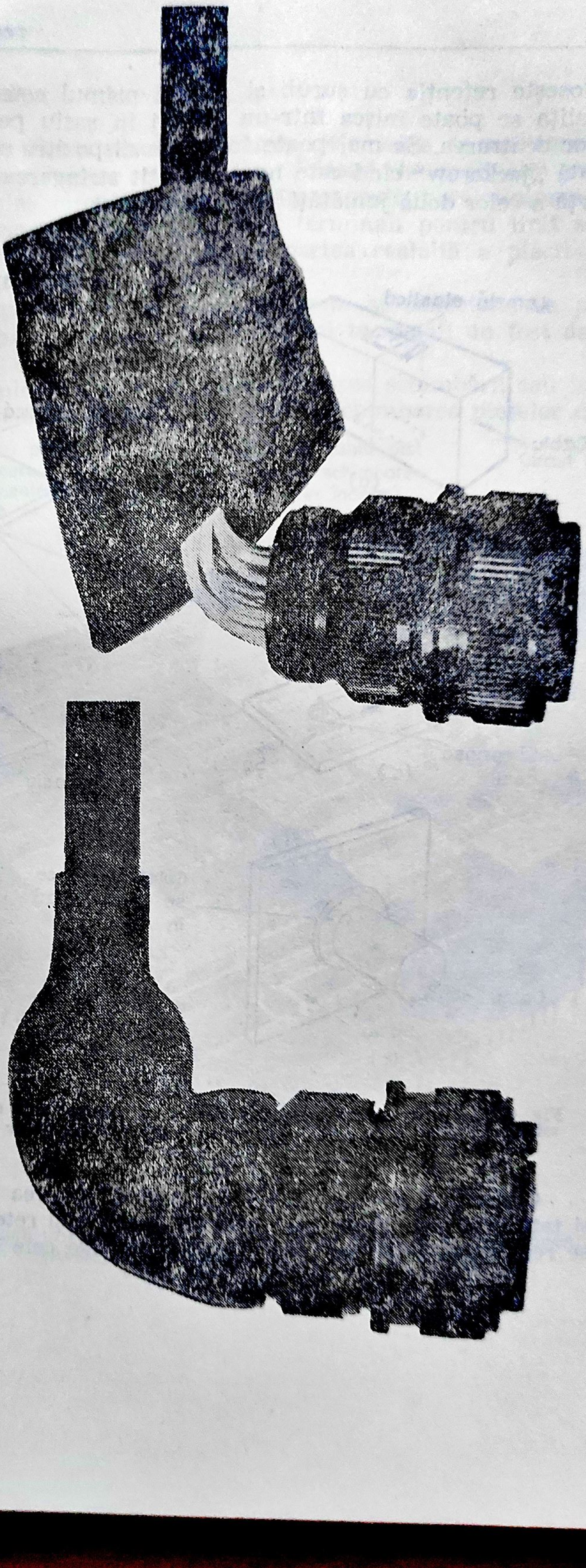


Fig. 6.31. Etanșarea îmbinării prin acoperire cu material termoretractabil (Raychem Corp.).

foloseşte retenţia cu şurub şi piuliţă primul este un şurub captiv, iar piuliţa se poate mişca într-un ghidaj în şasiu pentru a se realiza mai uşor centrarea. Se mai poate folosi un dispozitiv cu şurub şi piuliţă specială „jackcrew“ cînd este necesară atît strîngerea cît şi depărtarea prin forţă a celor două jumătăţi ale conectorului.

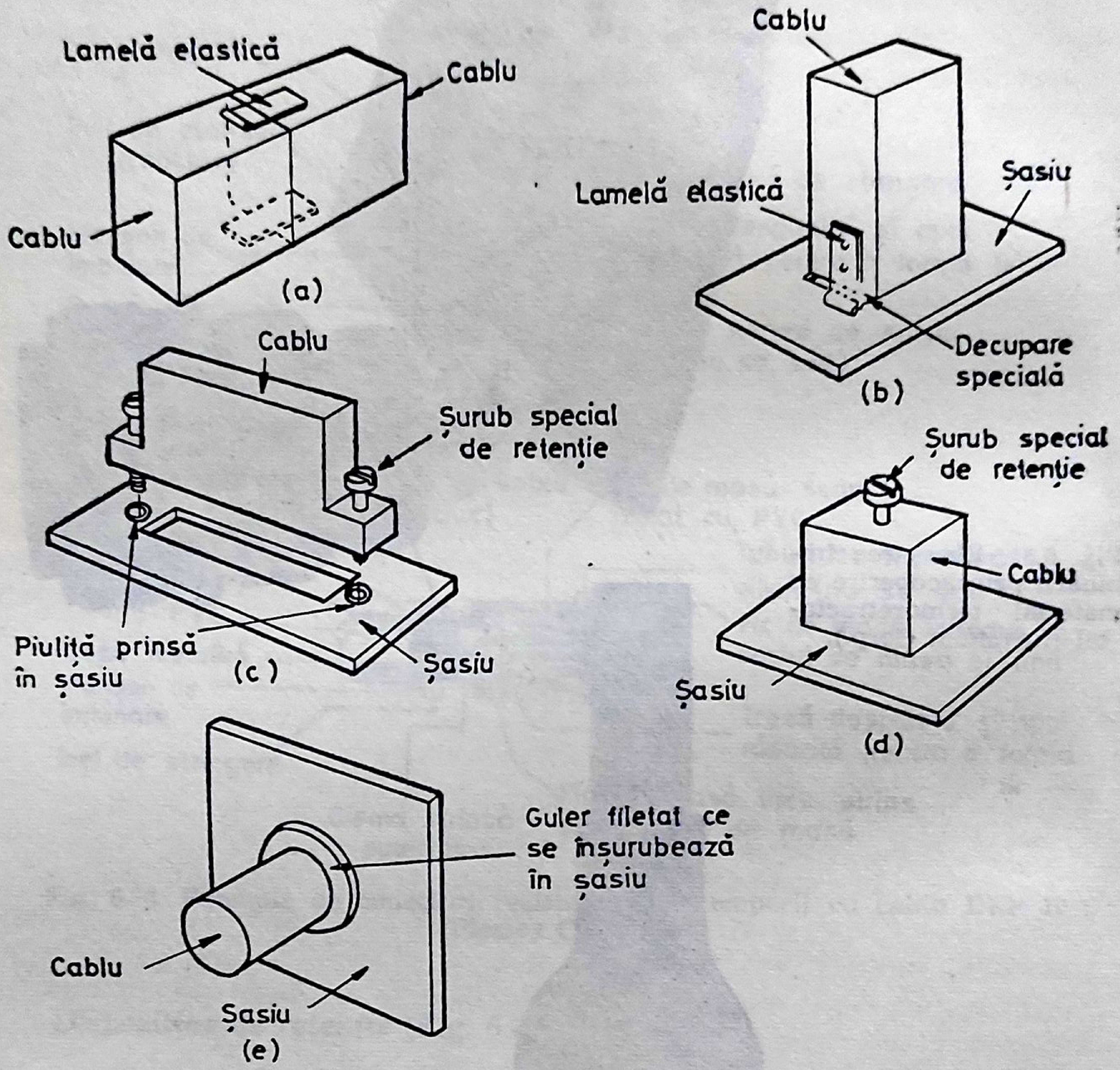

Lamelă elastică
Cablu
Cablu
(a)
Cablu
Şasiu
Lamelă elastică
Decupare specială
(b)
Cablu
Şurub special de retenţie
Piuliţă prinsă în şasiu
(c)
Şasiu
Şurub special de retenţie
Cablu
Şasiu
(d)
Guler filetat ce se înşurubează în şasiu
Cablu
Şasiu
(e)

Fig. 6.32. Cîteva metode de retenţie: a) şi b) cu lamele elastice; c) cu şuruburi laterale, d) cu şurub central, e) cu guler filetat.

Conectorul circular este ideal pentru folosirea inelelor filetate mamă şi tată care prin înşurubare asigură centrare şi retenţie. Legarea la masă se realizează de obicei prin filetul ce strînge cele două jumătăţi.

Conectori pentru plăci universale

O placă universală este o placă ce reunește elemente de montare și interconectare a componentelor electronice, folosită la producția restrînsă, folosind mai ales circuite integrate în capsule paralelipipedice.

Pe o placă sînt montate socluri cu pini terminali pentru lipit sau înfășurat, interconectarea lor făcîndu-se pe partea cealaltă a plăcii cu fire lipite, sertizate sau înfășurate (Fig. 6.33).

Componentele, capsulele de circuite integrate și conectorii se pot introduce în socluri corespunzătoare ai căror pini terminali au fost deja interconectați.

Capsulele pot fi înlocuite cu ușurință în vederea schimbării sau îmbunătățirii performanțelor produsului sau pentru schimbarea pieselor de-

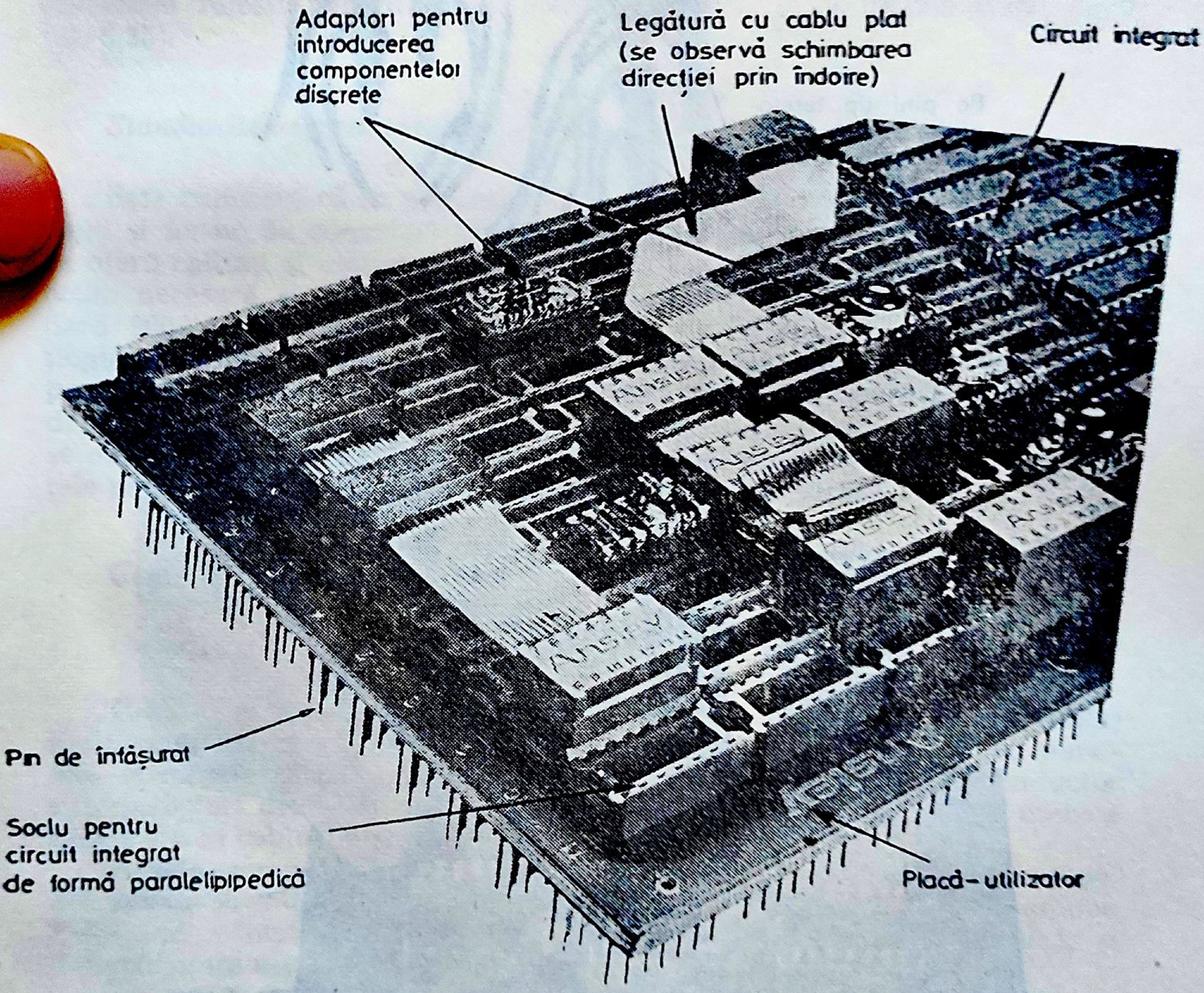

Adaptori pentru introducerea componentelor discrete
Legătură cu cablu plat (se observă schimbarea direcției prin îndoire)
Circuit integrat
Pin de înfășurat
Soclu pentru circuit integrat de formă paralelipipedică
Placă-utilizator

Fig. 6.33. Exemplu de placă universală ce include o mare varietate de componente (Ausley Electronics Corp.).

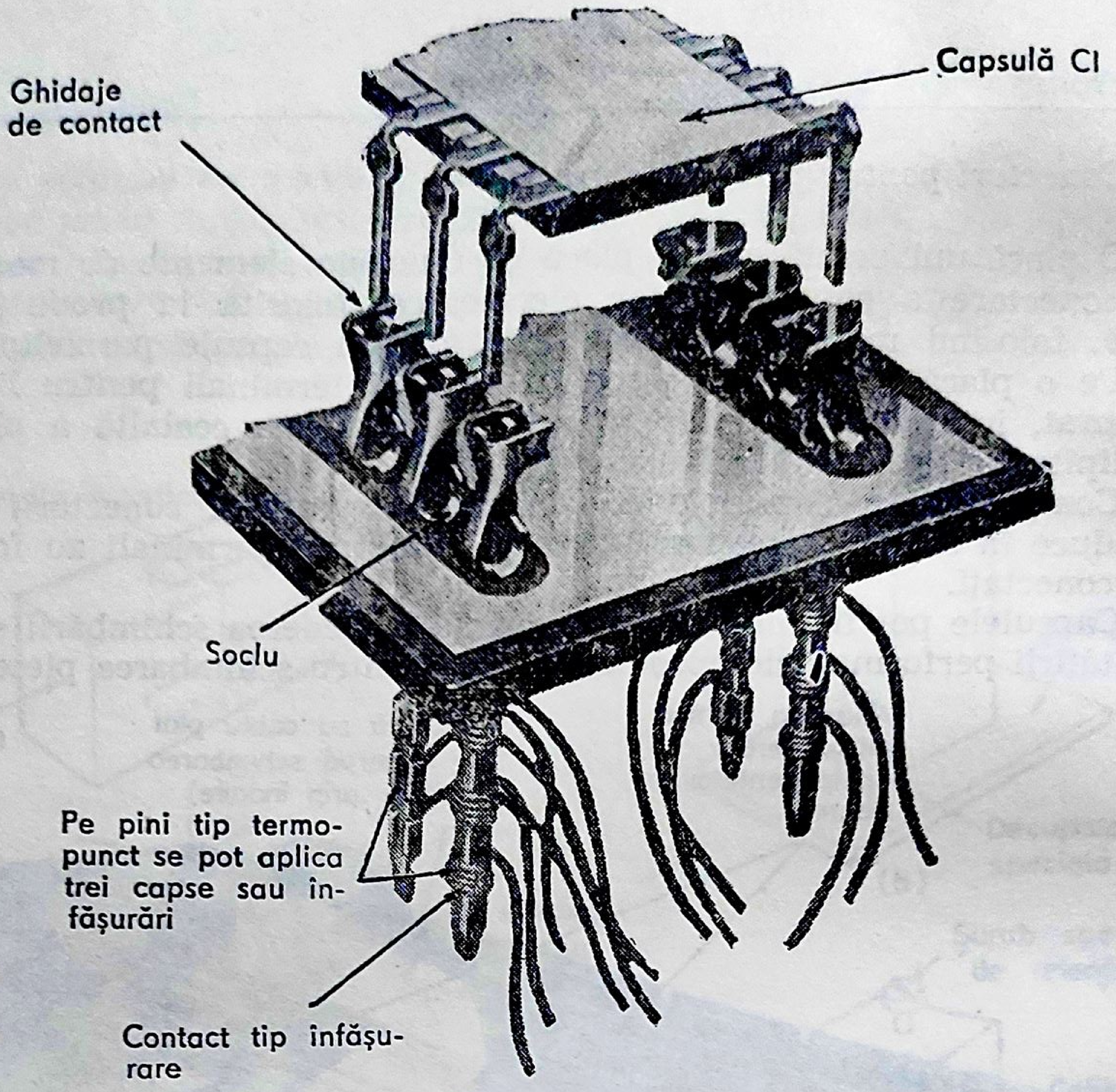

Ghidaje de contact
Capsulă CI
Soclu
Pe pini tip termo-punct se pot aplica trei capse sau înfăşurări
Contact tip înfăşurare

Fig. 6.34. Un exemplu de soclu pentru circuit integrat cu pini terminali, potrivit pentru a fi folosit pe plăci universale standard (AMP Ltd).

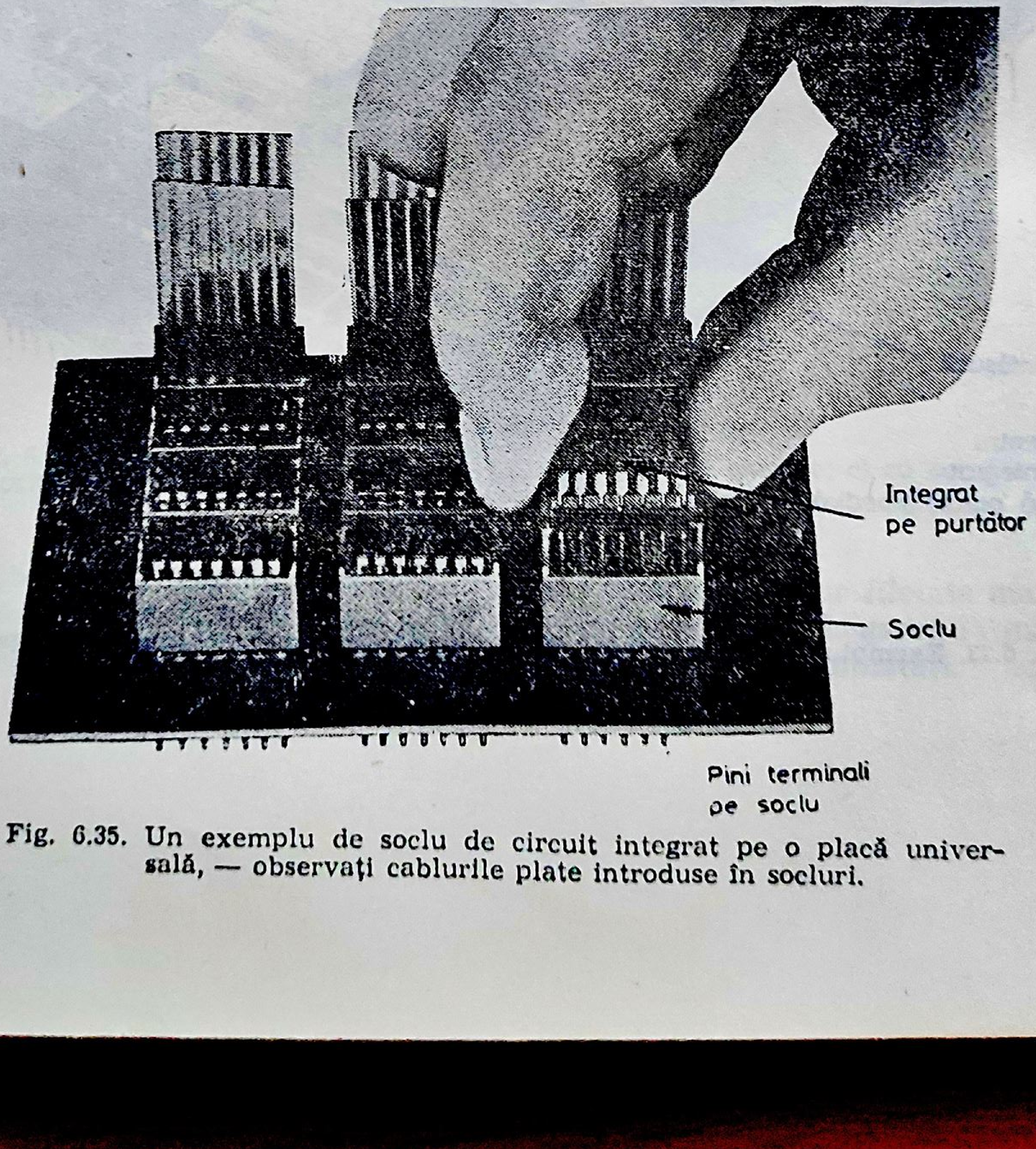

Integrat pe purtător
Soclu
Pini terminali pe soclu

Fig. 6.35. Un exemplu de soclu de circuit integrat pe o placă universală, — observaţi cablurile plate introduse în socluri.

fecte pe loc. Cînd se folosesc locaşuri individuale de soclu, ele sînt aranjate în configuraţie în aşa fel încît să accepte capsulele standard (fig. 6.34).

Din nefericire, picioarele capsulelor sînt dimensionate cu toleranţe mari şi de aceea se poate obţine greu, o rezistenţă de contact mică. Conectorul din două piese (un exemplu tipic este cel din fig. 6.35) oferă un contact mult mai fiabil.

Conectorul constă din două părţi, un purtător cu orientare pe care se aşază capsula şi un soclu în care se introduc împreună.

În exemplul din figură, capsula este fixată pe purtător, introducînd picioarele în şanţurile practicate în acesta. Picioarele sînt îndoite sub purtător. Purtătorul este introdus în soclu presînd picioarele conductoare pe contactele soclului. Această metodă de conectare evită aplicarea oricărei forţe axiale, pe picioarele integratelor. Acest tip de conector poate fi de asemenea folosit pentru introducerea în soclu a cablurilor plate (vezi fig. 6.35).

Standardizarea conectorilor

Este cunoscut că în prezent există o mare varietate de tipuri, dimensiuni şi forme de conectori ce pot fi obţinuţi de la numeroşi producători ce oferă calităţi şi caracteristici diferite. Standardizarea, deşi dificilă este acum necesară şi pentru acest motiv, seria de standarde, British Standard 9003 poate contribui la stabilirea unor referinţe pe plan internaţional. Condiţiile de mediu şi de funcţionare mult diferite în care componentele electronice sînt folosite şi lipsa, pînă în prezent a unui sistem de specificaţii cuprinzător a dus la o multiplicitate a definiţiilor după care se aleg piesele. Seria BS 9003 acoperă atît cerinţele militare cît şi cerinţele profesionale industriale cu acelaşi grup de specificaţii.

Conexiunile flexibile

Circuite imprimate, cablaj flexibil şi cabluri plate

Circuitele imprimate şi cablajul flexibil se pot defini ca un cablaj multiconductor flexibil şi plat cu traseele dorite de utilizator şi cu punctele terminale distribuite. Cablul plat, flexibil este un multiconductor cu conductori drepţi şi paraleli, folosit în general cu conectori la ambele capete (ca la cablurile de legătură).

Aceste componente de interconectare au cîteva trăsături comune. Ele prezintă anumite avantaje faţă de cablajul convenţional, şi anume fiabilitate, caracteristici mecanice şi electrice stabile, greutate mică, şi o durabilitate mare în condiţii de îndoiri repetate.

Ei pot fi utilizaţi de asemenea, pentru economii considerabile de cost şi spaţiu, dar trebuie subliniat că cele mai bune rezultate se obţin cînd proiectantul echipamentului se decide să folosească circuit flexibil şi cablu plat în stadiul iniţial al proiectării şi nu ca înlocuitori pentru alte forme de cablaj. Deseori este mai puţin costisitor să se proiecteze mai multe circuite mici în loc de unul mare pentru o aplicaţie dată. Ele pot fi fixate de orice suprafaţă, potrivită cu adeziv, şi schimbarea de direcţie a conductorilor se poate face îndoind circuitul sau cablul şi fixînd prin presare sau cu cleme, de asemenea ele pot fi folosite pentru interconectarea plăcilor imprimate rigide, pentru realizarea de ansambluri compacte etajate. Deoarece pot fi făcute autoretractabile prin răsucire sau pliere tip „acordeon" sînt foarte potrivite pentru unităţi culisante sau articulate sau unde se cer conexiuni mobile (fig. 6.44).

Circuite imprimate şi cablaj flexibil

Imprimat aici înseamnă folie metalică (de obicei cuprul sau nichelul) fixată pe un material izolator flexibil şi corodat în aşa fel încît să rămînă traseele unui circuit. Pentru producerea traseelor se folosesc de preferinţă procese fotomecanice sau de imprimare înaintea corodării. Pe cablajul imprimat se aplică un strat de material izolator (strat de acoperire), dar acesta poate fi omis pentru anumite circuite sau pentru zona de conectare. Ferestrele din stratul de acoperire sînt în mod obişnuit perforate dar pot fi şi decupate. În afara zonei terminalilor, stratul de acoperire completează încapsularea circuitului.

Ideal, şi pentru maximum de flexibilitate, conductorii trebuie să se găsească în centrul acestei structuri combinate, adică în planul axului median, pentru a se produce eforturi de îndoire minime în materialul conductor.

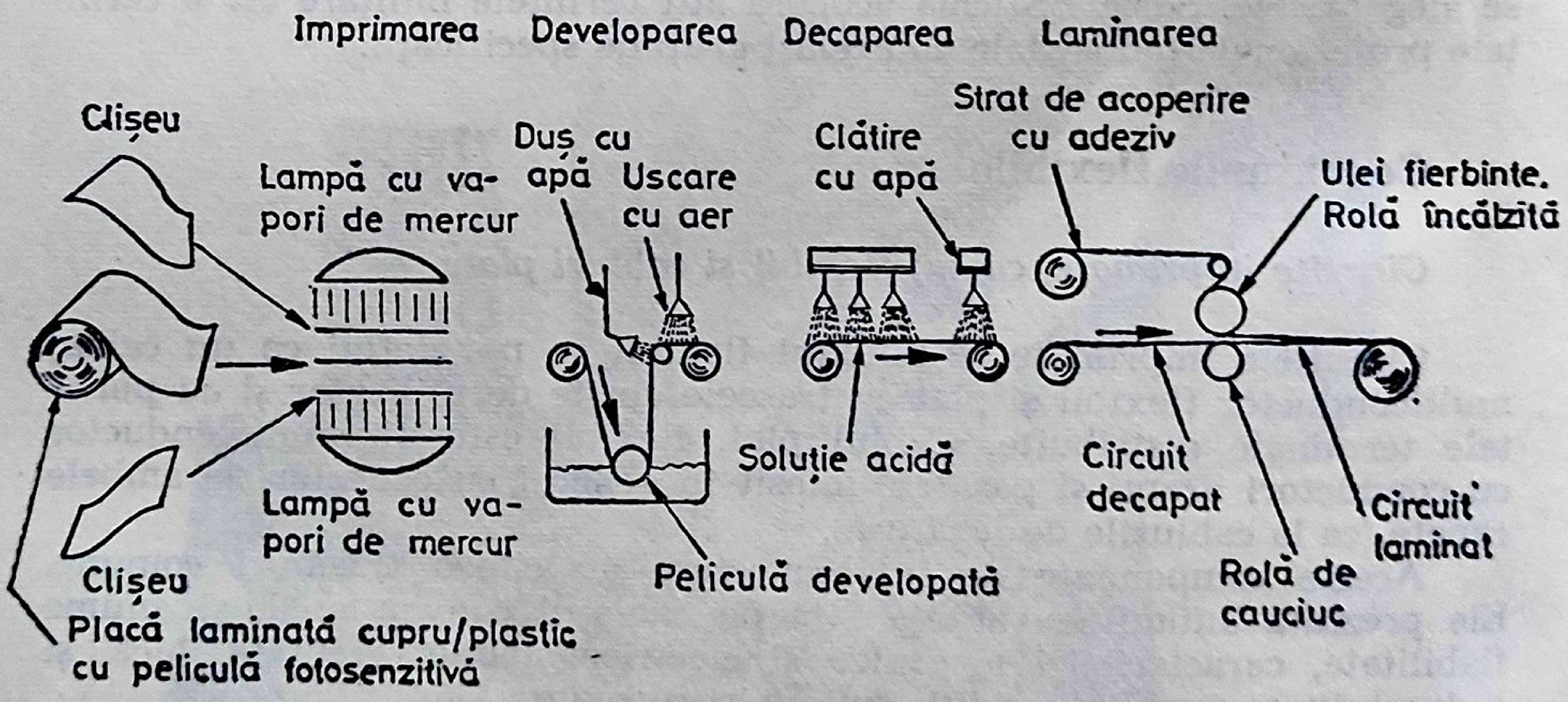

Imprimarea
Developarea
Decaparea
Laminarea
Clișeu
Lampă cu vapori de mercur
Duș cu apă
Uscare cu aer
Clătire cu apă
Strat de acoperire cu adeziv
Ulei fierbinte.
Rolă încălzită
Soluție acidă
Circuit decapat
Circuit laminat
Rolă de cauciuc
Lampă cu vapori de mercur
Clișeu
Peliculă developată
Placă laminată cupru/plastic cu peliculă fotosenzitivă

Fig. 6.36. Diagramă ilustrînd procedeul rapid de obţinere a circuitelor imprimate flexibile în bandă continuă (Scheldahl Ltd.).

Ca şi plăcile imprimate rigide, circuitele flexibile pot fi produse cu dublă faţă. Circuitele flexibile pot fi produse în dimensiuni pînă la 200×50 cm, dar pentru producţie în cantitate mare se obişnuieşte a se limita dimensiunile la maximum 45×19 cm. La circuitele flexibile de dimensiuni mai mici, se poate aplica producerea în bandă, reducînd astfel preţul de cost şi în general, obţinînd mai multe circuite utilizabile pe unitatea de suprafaţă de material. Toate operaţiile, adică cele fotomecanice, imprimarea, corodarea, curăţirea şi uscarea, încapsularea, perforarea finală şi decuparea se pot efectua pe bandă obţinîndu-se circuite de foarte bună calitate şi ieftine în cantităţi mari şi continui (vezi fig. 6.36). Cablul imprimat se poate produce în lungimi pînă la 30 m. De obicei, se realizează cu circuit imprimat, aplicaţiile ce includ trasee complicate ale conductorilor. Firele lungi de conductori uniformi, pot fi înlocuite cu cablul plat.

Materialele izolatoare folosite ca bază, se aleg pe baza diferitelor proprietăţi electrice şi mecanice. Cele folosite în mod obişnuit sînt enumerate în tabela 6.1.

Tabela 6.1

	Temperatura la care se poate folosi °C
Y Peliculă de poliester (Tereftalat de polietilenă) Melinex (Denumire Comercială dată de I.C.I.) Mylar (Denumire Comercială dată de Dupont)	— 79 la 90
Y Răşină epoxidică armată cu sticlă	— 70 la 125
• Politetrafluoretilenă Teflon (Denumire Comercială dată de Dupont)	— 200 la 200
• Poliamide Kapton (Denumire Comercială dată de Dupont)	— 200 la 400 (dar scade, datorită tipului de adeziv folosit pentru cupru, la (în prezent) 250 max.

• Ignifug; y poate fi făcut ignifug

Materialele de mai sus sînt enumerate în ordinea crescătoare a preţului, dar în ordinea flexibilităţii mecanice ele sînt: poliamidele, răşina epoxidică armată cu sticlă şi poliesterul (foarte bun). Din cauză că poliamidele absorb apa, în anumite condiţii există pericolul oxidării conductorului. Răşina epoxidică nu poate fi îndoită şi pliată pentru că fibrele de sticlă se sparg pe linia de îndoire şi nu pot fi făcute autoretractabile.

Pentru circuitele corodate cel mai obişnuit material conductor este cuprul, produs fie prin laminare, fie prin electrodepunere. Cuprul laminat este folosit acolo unde se cer îndoiri repetate sau îndoiri la unghiuri ascuţite.

Cuprul depus poate fi maleabilizat şi tratat pentru a-i mări flexibilitatea şi rezistenţa la îndoire. Este mai ieftin decît cuprul laminat. Cu o puritate mai mare de 99,8% maleabilizat şi tratat termic este materialul conductor preferat pentru circuite flexibile. El poate fi produs într-o gamă largă de dimensiuni şi grosimi pînă la 25 μm minim. Sub această valoare, găurirea este o problemă.

Conductorii de aluminiu reprezintă o micşorare considerabilă de greutate şi cost. În prezent dezavantajul major este dificultatea de a realiza conexiuni la ei, dar pe măsură ce se vor obţine rezultate în această privinţă, va creşte utilizarea aluminiului la producţia de circuite imprimate.

Nichelul este folosit, mai ales pentru că se poate conecta uşor prin sudură, şi este conductorul folosit în medii ostile şi unde se cere fiabilitate maximă. Au fost folosite şi alte materiale ca: bronzul fosforos, beriliul, cuprul, argintul şi plumbul, dar numai în scopuri speciale.

Pentru circuitele corodate stratul de acoperire din materialul izolator este de obicei acelaşi cu materialul de bază izolator, deşi pentru economie poate fi şi un email sau un lac. În procesul de laminare se folosesc adezivi speciali, care, după tratare trebuie să fie rezistenţi la substanţele folosite în industria circuitelor imprimate şi nu trebuie să degradeze proprietăţile electrice ale peliculei izolatoare de bază.

Stratul adeziv este foarte subţire, în general nu mai gros de 12 μm.

Cabluri plate

Acestea folosesc metal laminat sau fire conductoare prinse şi etanşate în material flexibil izolator nefiind necesar nici un proces de imprimare sau corodare (vezi. Fig. 6.37). Materialul conductor preferat este cuprul laminat. Materialul izolator poate fi oricare din cele enumerate anterior pentru circuite flexibile, produse în sul pentru a se obţine cabluri continue de lungime mare.

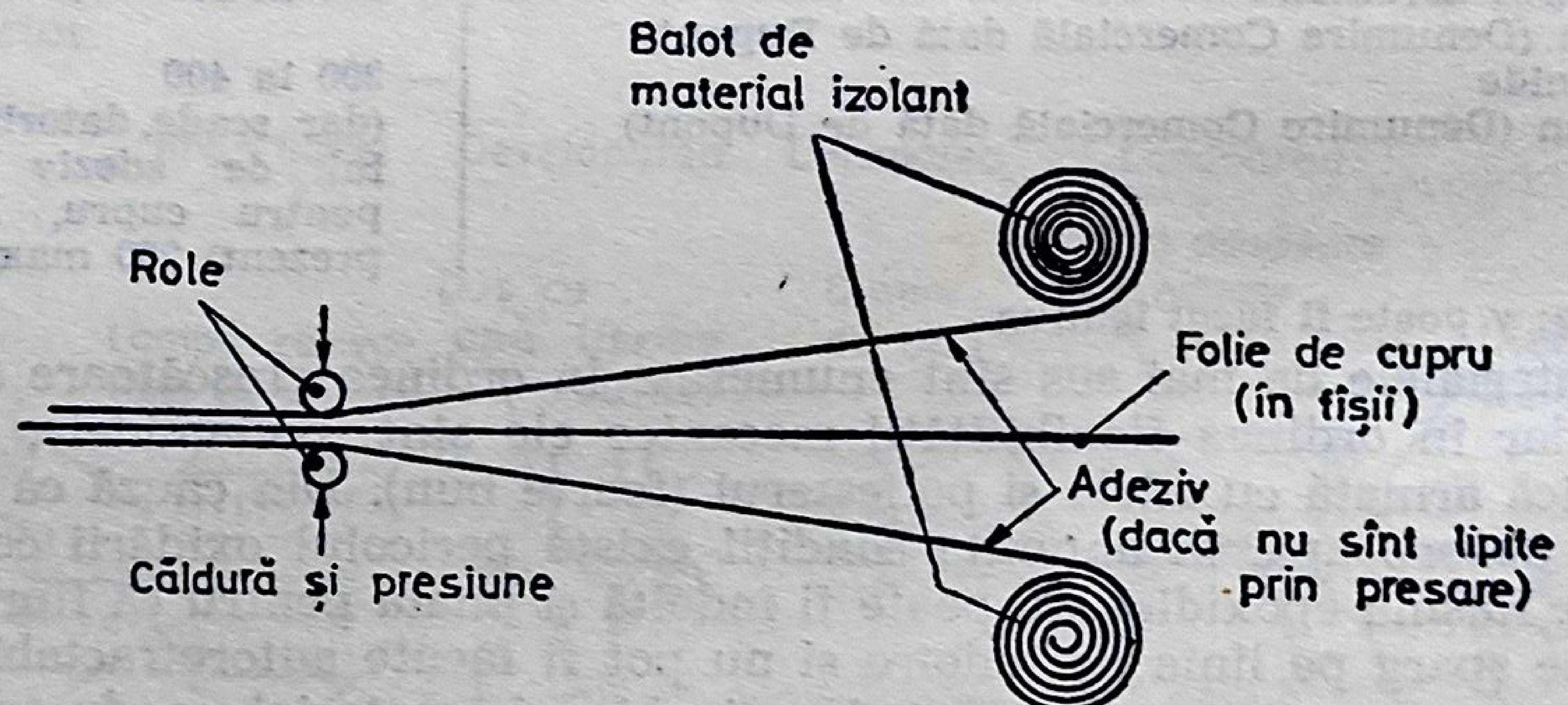

Balot de material izolant
Role
Folie de cupru (în fişii)
Adeziv (dacă nu sînt lipite prin presare)
Căldură şi presiune

Fig. 6.37. Diagramă ilustrînd metode de fabricare a cablului plat.

În plus, lista materialelor izolatoare cuprinde vinil şi polietilenă (transparente sau opace). De asemenea, se pot folosi combinaţii ale diferitelor tipuri de materiale. De exemplu, o parte poliamidă pentru a rezista la căldura produsă de procesele de conectare şi partea cealaltă poliester din motive de economie.

Există două metode de fabricaţie, ambele folosind tehnica de bandă continuă ilustrată în fig. 6.37. Pentru materialele izolatoare ca poliester, poliamide şi răşină epoxidică armată cu sticlă se obişnuieşte să se aplice un adeziv potrivit pe suprafaţa internă pe măsură ce se derulează.

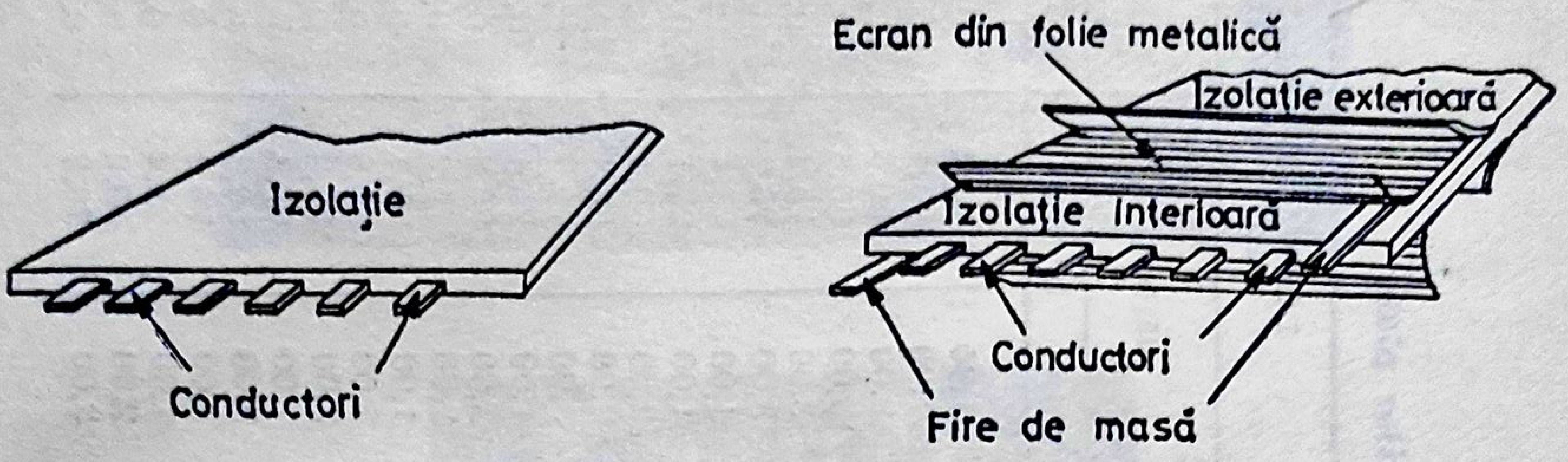


Fig. 6.38. Structura cablului plat.

Materialele termoplaste ca fep, polietilena, pvc şi vinilin nu necesită adeziv, ele aderînd prin căldura aplicată prin rolele de presare. În construcţie se pot include ecrane din folie metalică şi conductori de masă (vezi fig. 6.38).

Versiunile parţial ecranate au un ecran din folie metalică numai pe o parte. Ecranele şi conductorii de masă sînt izolaţi de conductorii principali şi etanşaţi cu material izolator. Din cauza construcţiei „sandviş" în cablurile cu ecrane îndoite repetat vor apare probleme de oboseala metalului.

Tabela 6.2 indică o gamă tipică de dimensiuni standard pentru cabluri plate. De notat că unii furnizori produc cabluri cu orice număr de conductori cu condiţia ca lăţimea cablului să nu depăşească 0,15 m.

Cabluri panglică

Cablurile panglică folosesc metal laminat sau extrus în izolaţie de plastic înfăşurat sau extrus. Conductori izolaţi diferiţi pot fi legaţi împreună în formă de panglică printr-o metodă de topire sau legare (vezi fig. 6.39). Conductorii pot fi singulari, torsadaţi sau coaxiali. Pentru identificarea diverşilor conductori se pot folosi culori de identificare. Procedeul de legare prin topire se foloseşte la conductorii izolaţi cu secţiune mai mare de 2 mm şi pentru panglici cu un număr mic de conductori (să zicem 6).

Procedeul prin legare, care este deosebit de potrivit pentru un număr mare de conductori identici cu secţiune mică, foloseşte o ţesătură de fibre textile (nylon, ptfe, fep, sau fibră de sticlă) ca element de legătură.

Tabela 6.2

Domeniul valorilor standard pentru dimensiunile cablurilor plate

CONDUCTORUL			Număr de conductori	DISTANȚE NOMINALE				DIMENSIUNI NOMINALE PENTRU CABLU			
grosime × lățime		secțiunea de conductori aprox.		între centrele conductorilor		izolație laterală		lățime		grosime	
în	mm	mm²		în	mm	în	mm	în	mm	în	mm
0,002×0,025	0,051×0,635	50	12	0,075	1,905	0,075	1,905	1,00	25,4	0,010	0,254
0,002×0,025	0,051×0,635	50	17	0,050	1,270	0,087	2,210	1,00	25,4	0,010	0,254
0,002×0,025	0,051×0,635	50	25	0,075	1,905	0,075	1,905	2,00	50,8	0,010	0,254
0,002×0,025	0,051×0,635	50	37	0,050	1,270	0,987	2,210	2,00	50,8	0,010	0,254
0,002×0,025	0,051×0,635	50	38	0,075	1,905	0,075	1,905	3,00	76,2	0,010	0,254
0,002×0,025	0,051×0,635	50	57	0,050	1,270	0,087	2,210	3,00	76,2	0,010	0,254
0,003×0,026	0,076×0,660	80	12	0,075	1,905	0,075	1,905	1,00	25,4	0,010	0,254
0,003×0,026	0,076×0,660	80	17	0,050	1,270	0,087	2,210	1,00	25,4	0,010	0,254
0,003×0,026	0,076×0,660	80	25	0,075	1,905	0,075	1,905	2,00	50,8	0,010	0,254
0,003×0,026	0,076×0,660	80	37	0,050	1,270	0,087	2,210	2,00	50,8	0,010	0,254
0,003×0,026	0,076×0,660	80	38	0,075	1,905	0,075	1,905	3,00	76,2	0,010	0,254
0,003×0,042	0,076×1,067	130	12	0,075	1,905	0,075	1,905	1,00	25,4	0,010	0,254
0,003×0,042	0,076×1,067	130	25	0,075	1,905	0,075	1,905	2,00	50,8	0,010	0,254
0,003×0,042	0,076×1,067	130	38	0,075	1,905	0,075	1,905	3,00	76,2	0,010	0,254
0,003×0,062	0,076×1,575	190	9	0,100	2,540	0.069	1,753	1,00	25,4	0,010	0,254
0,003×0,062	0,076×1,575	190	19	0,100	2,540	0,069	1,753	2,00	50,8	0,010	0,254
0,003×0,062	0,076×1,575	190	29	0,100	2,540	0,069	1,753	3,00	76,2	0,010	0,254
0,005×0,063	0,127×1,600	320	9	0,100	2,540	0,069	1,753	1,00	25,4	0,012	0,305
0,005×0,063	0,127×1,600	320	19	0,100	2,540	0,069	1,753	2,00	50,8	0,012	0,305
0,005×0,063	0,127×1,600	320	29	0,100	2,540	0,069	1,753	3,00	76,2	0,012	0,305
0,005×0,100	0,127×2,540	500	6	0,150	3,810	0,100	2,540	1,00	25,4	0,012	0,305
0,005×0,100	0,127×2,540	500	12	0,150	3,810	0,100	2,540	2,00	50,8	0,012	0,305
0,005×0,100	0,127×2,540	500	19	0,150	3,810	0,100	2,540	3,00	76,2	0,012	0,305

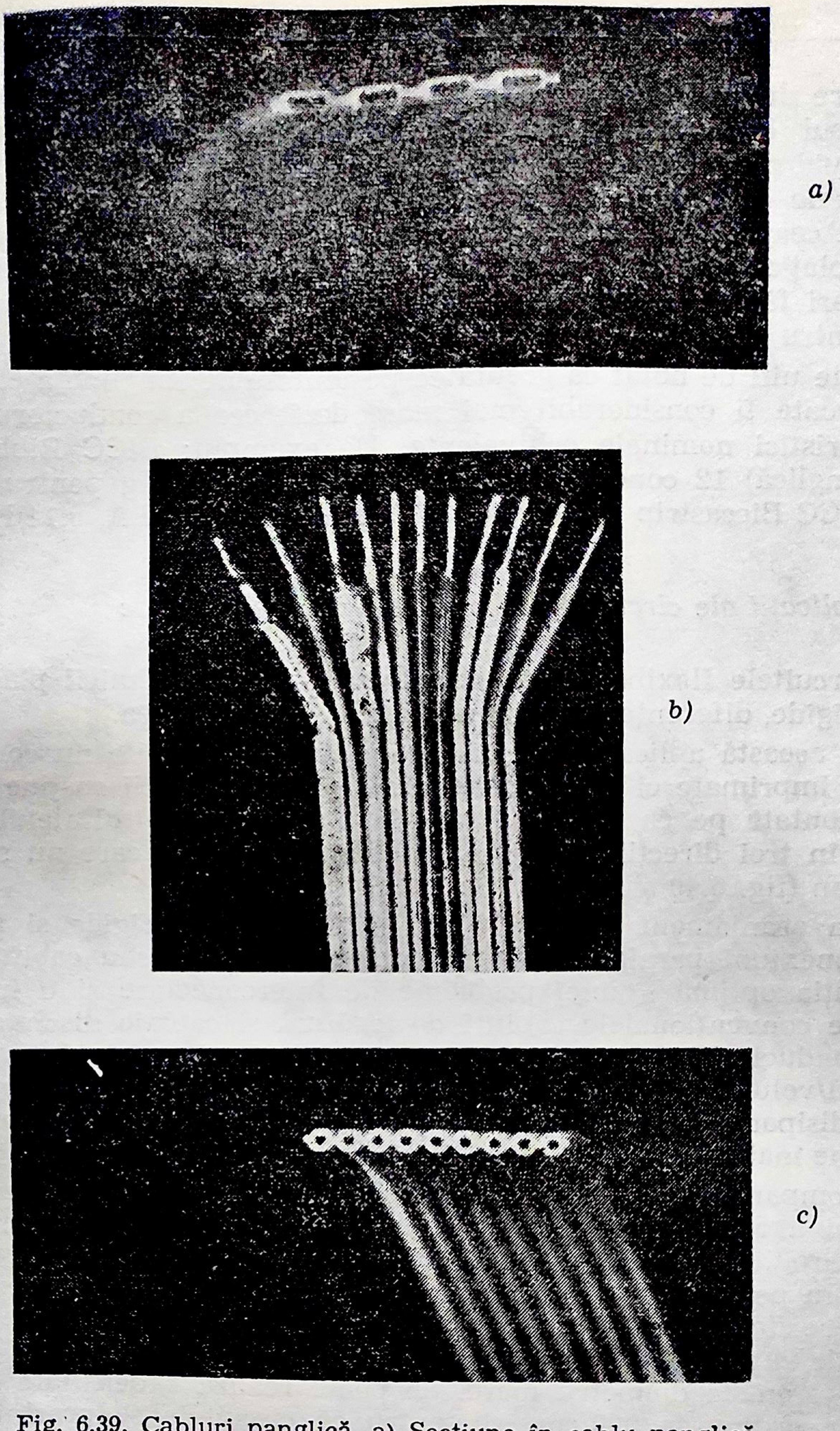


Fig. 6.39. Cabluri panglică. a) Secţiune în cablu panglică de forţă avînd mai multe miezuri liţate aşezate adiacent pentru fiecare conductor b) o structură de panglică cu fire legate avînd conductori simpli, coaxiali, torsadaţi şi o triadă ecranată c) Secţiune într-o panglică ce prezintă adaosuri de spaţiere între conductori (W. L. Gore Associates (UK) Ltd).

Spre deosebire de circuitele flexibile și cablurile plate este posibilă, în scopul conectării, divizarea cablului panglică în conductori izolați individual prin tăierea longitudinală.

Unele cabluri panglică au un adaus turnat între conductori (fig. 6.39). Aceasta ușurează separarea conductorilor eliminînd riscul de a tăia izolația conductorilor. Adausurile de spațiere pot fi compacte sau cu goluri făcînd cablul foarte potrivit pentru cerințe de capacitate mică sau pentru potrivirea în conectori sau la plăci imprimate.

Este util de notat că greutatea pe unitate de lungime a cablului panglică poate fi considerabil mai mare decît cea a conductorului plat cu caracteristici nominale echivalente. De exemplu: BICC Ribbonflex (cablu panglică) 12 conductori de 14/00076, 3A, 18,7 Kg pentru 300 m.

BICC Biccastrip (cablu plat), 12 conductori, 3 1/2 A, 5,14 Kg la 300 m.

Aplicații ale circuitelor flexibile și cablurilor plate

Circuitele flexibile sînt o extindere logică a tehnicii plăcilor imprimate rigide, diferența fundamentală fiind flexibilitatea.

În această aplicație, circuitele imprimate flexibile nu concurează cu plăcile imprimate ci le completează. Rigiditatea plăcii susține componentele montate pe ea într-un plan, în timp ce circuitul flexibil poate fi îndoit în trei direcții pentru a interconecta puncte care nu sînt în același plan (fig. 6.40 și 6.41).

Un aranjament hibrid de circuite imprimate rigide și flexibile cu interconexiuni paralele făcute cu cablaj imprimat sau cablu plat poate fi soluția optimă a unei probleme de interconectare și o îmbunătățire față de convenționalele cabluri de legătură și cablaje discrete. Deoarece toți conductorii sînt plați și dreptunghiulari, ei prezintă un factor suprafață/volum mare care duce, cînd nu se impune rezistența circuitului, la o disipare mică de căldură, permițînd folosirea unui conductor de secțiune mai mică.

Comparativ cu cablajul convențional se poate realiza o economie de ordinul a 50% din greutatea totală a conductorilor și chiar mai mult dacă circuitul este ghidat prin apropierea unui radiator de căldură de exemplu pe lîngă suprafața interioară ale unei cutii metalice. Mai mult, deoarece fiecare conductor este expus la fel, se întîlnesc mai rar problemele de supraîncălzire ce apar deseori la conductorii plasați central într-un toron de diametru mare. Se poate realiza o densitate de conductori de ordinul a 500/cm^2 și pentru că circuitele se prezintă ca niște straturi subțiri se înglobează mai ușor în configurația generală a echipamentului. Acest aspect este discutat într-o secțiune ulterioară.

În comparație cu mănunchiurile de fire individuale, ca toroanele, cablurile plate au o rezistență mai mare la deteriorare, la îndoirea peste muchii ascuțite.

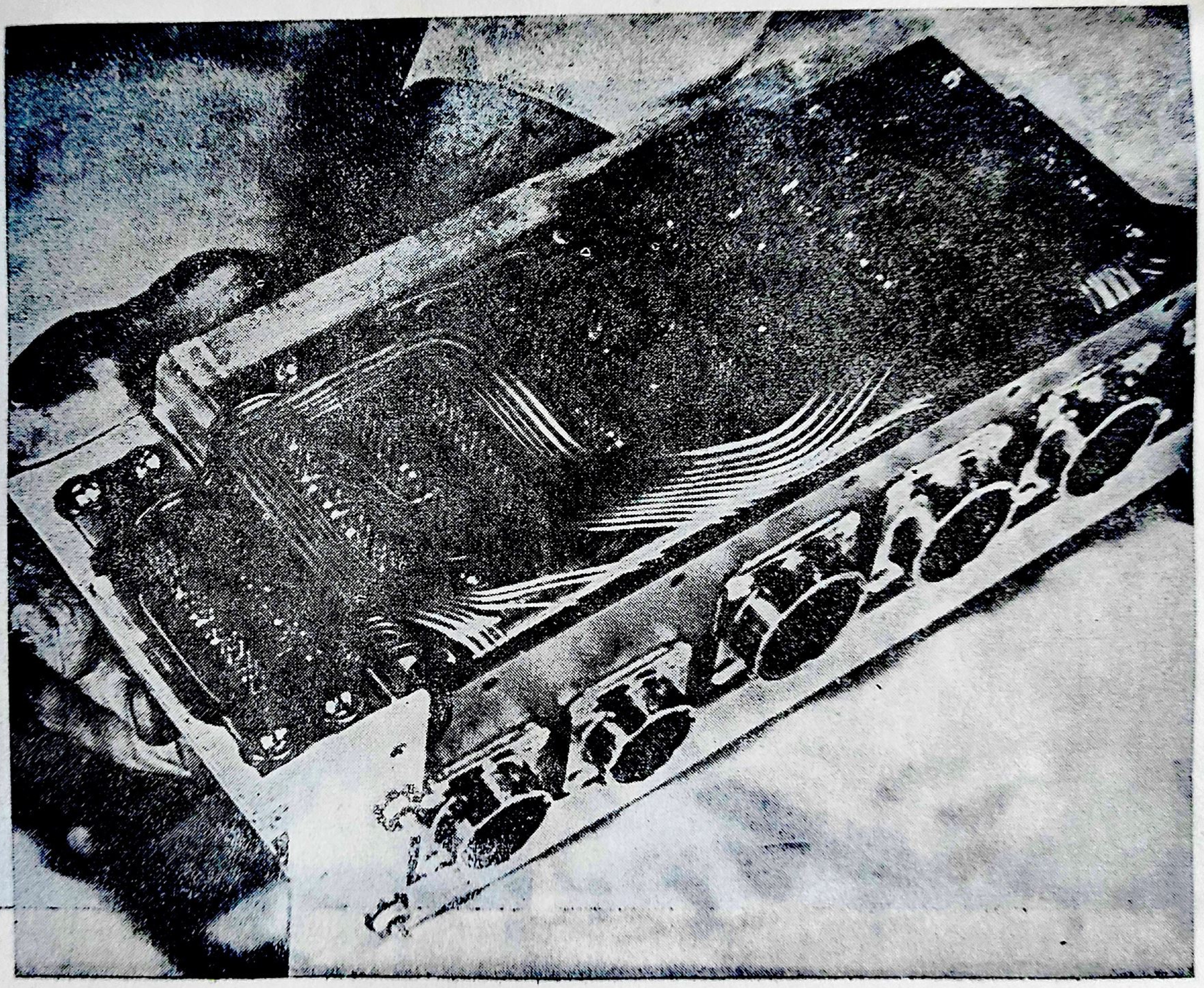


Fig. 6.40. Un exemplu de circuit imprimat flexibil multistrat folosit la un produs unde spațiul limitat nu permite folosirea cablajului convențional.

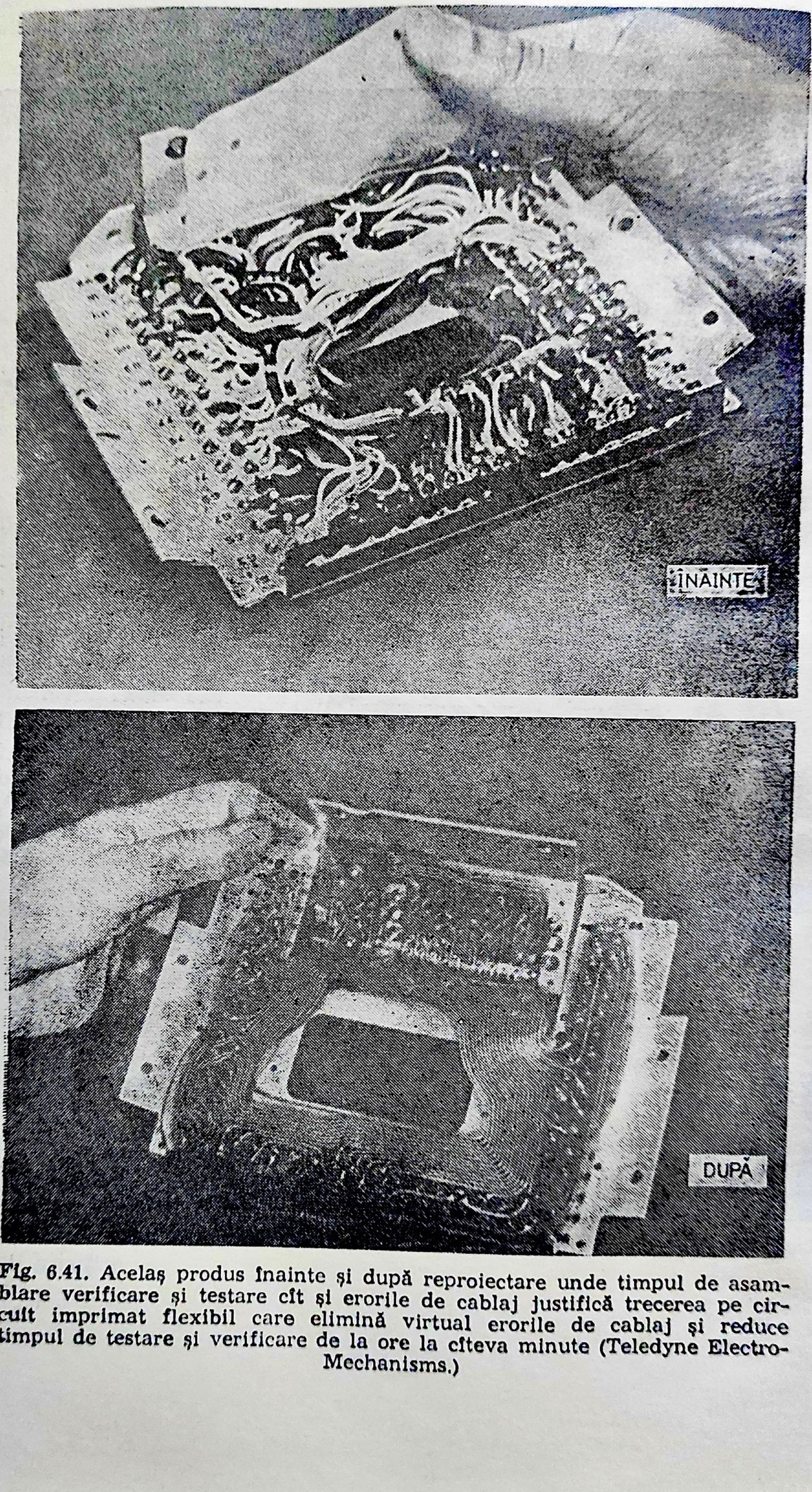


Fig. 6.41. Acelaş produs înainte şi după reproiectare unde timpul de asamblare verificare şi testare cît şi erorile de cablaj justifică trecerea pe circuit imprimat flexibil care elimină virtual erorile de cablaj şi reduce timpul de testare şi verificare de la ore la cîteva minute (Teledyne Electro-Mechanisms.)

Acest lucru este arătat în fig. 6.42. De asemenea, cablurile plate au o rezistență mai mare la întindere, pentru că datorită structurii lor, efortul se repartizează pe toată lățimea cablului în loc de unul sau două fire dintr-un mănunchi, accidental mai scurte.

Conductorii flexibili pot fi îndoiți sau pliați de-a lungul pereților interiori ai echipamentului realizînd un sistem de circuit imprimat tridimensional care, nu numai că asigură un aspect plăcut produsului dar simplifică controlul traseelor și asamblarea (vezi fig. 6.43, 6.44 și 6.45).

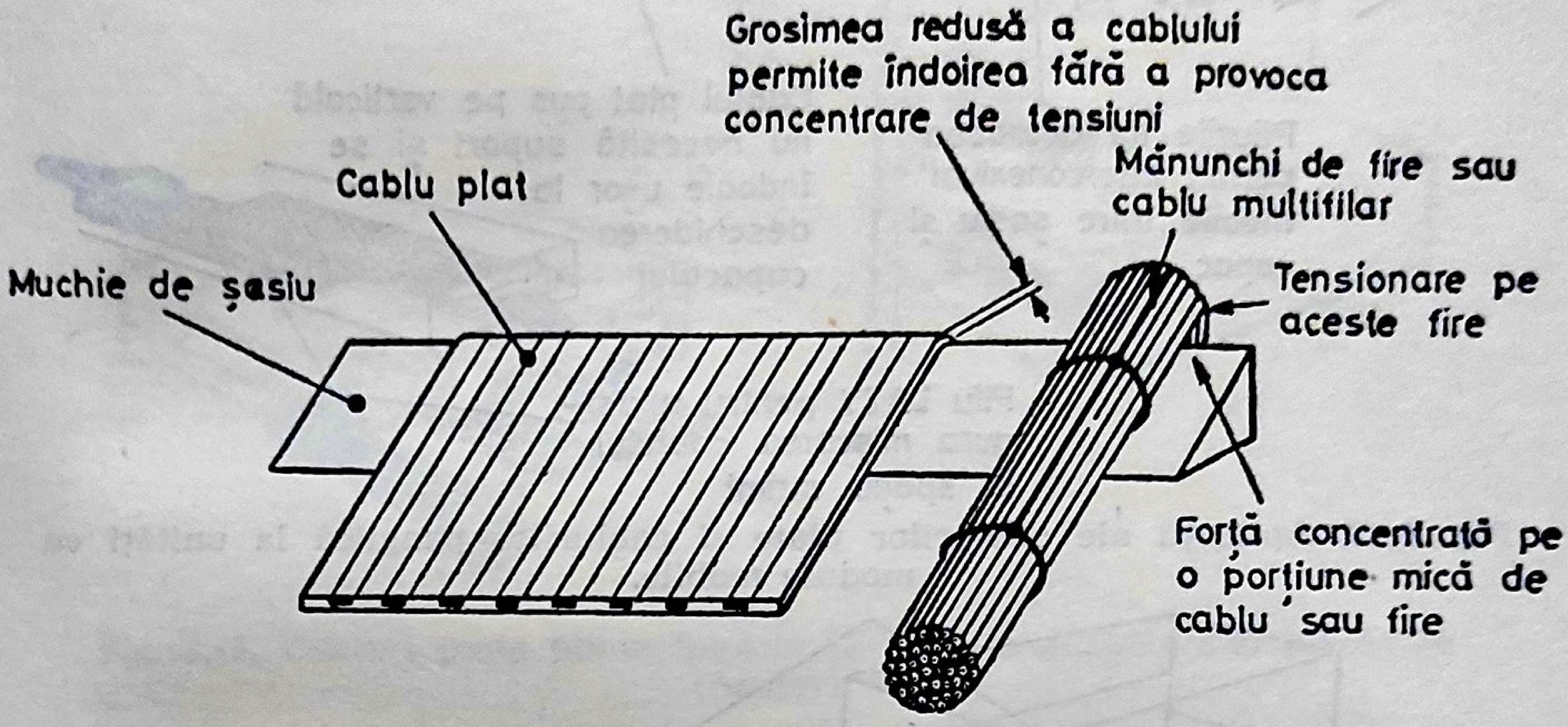

Grosimea redusă a cablului permite îndoirea fără a provoca concentrare de tensiuni
Cablu plat
Mănunchi de fire sau cablu multifilar
Muchie de șasiu
Tensionare pe aceste fire
Forță concentrată pe o porțiune mică de cablu sau fire

Fig. 6.42. Diagramă ilustrînd efectul comparat al îndoirii peste o muchie ascuțită asupra unui cablu plat și al unui toron.

Unitățile identice, fabricate cu același aranjament de circuite au o trăsătură esențială. Deoarece un circuit este din punct de vedere fizic identic cu celălalt, proprietățile lor electrice sînt constante. Acest lucru are mare importanță pentru inginerul proiectant și cel executant deoarece îl asigură că inducția capacitivă și diafonia sînt identice la toate, mai ales la frecvențe înalte.

Cu cablaj convențional nu se poate asigura aceeași poziție relativă a firelor la toate unitățile. Aceasta poate duce la deosebiri în performanțele echipamentului și la necesitatea de a ajusta cablajul pentru a micșora diferențele de la o unitate la alta.

Pe lîngă avantajele tehnice ce se pot obține utilizînd circuite flexibile, sînt de asemenea importante considerentele de cost care pot avea adesea cea mai mare influență inițială asupra folosirii lor. Deși se poate realiza o economie de cost prin folosirea circuitelor flexibile, accentul trebuie pus pe costul total instalat, ca criteriu pentru o comparație justă. Trebuie considerat nu numai costul cablajului în sine ci și al cantității de muncă necesară pentru realizare. Deoarece în mod normal, circuitele flexibile nu pot fi instalate greșit, este necesară mai puțină muncă de verificare și corectare și operatorul nu trebuie să găsească un anume

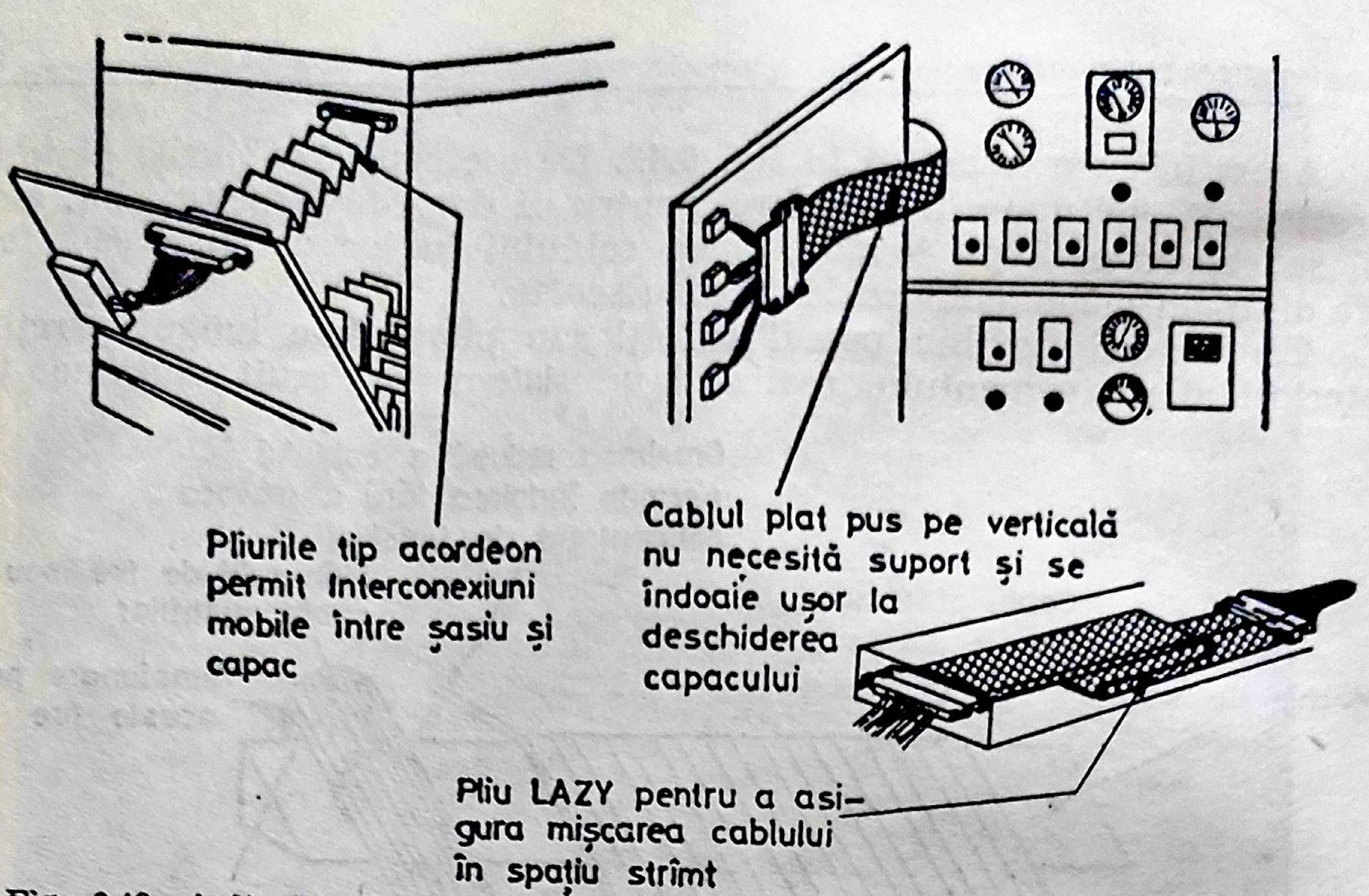
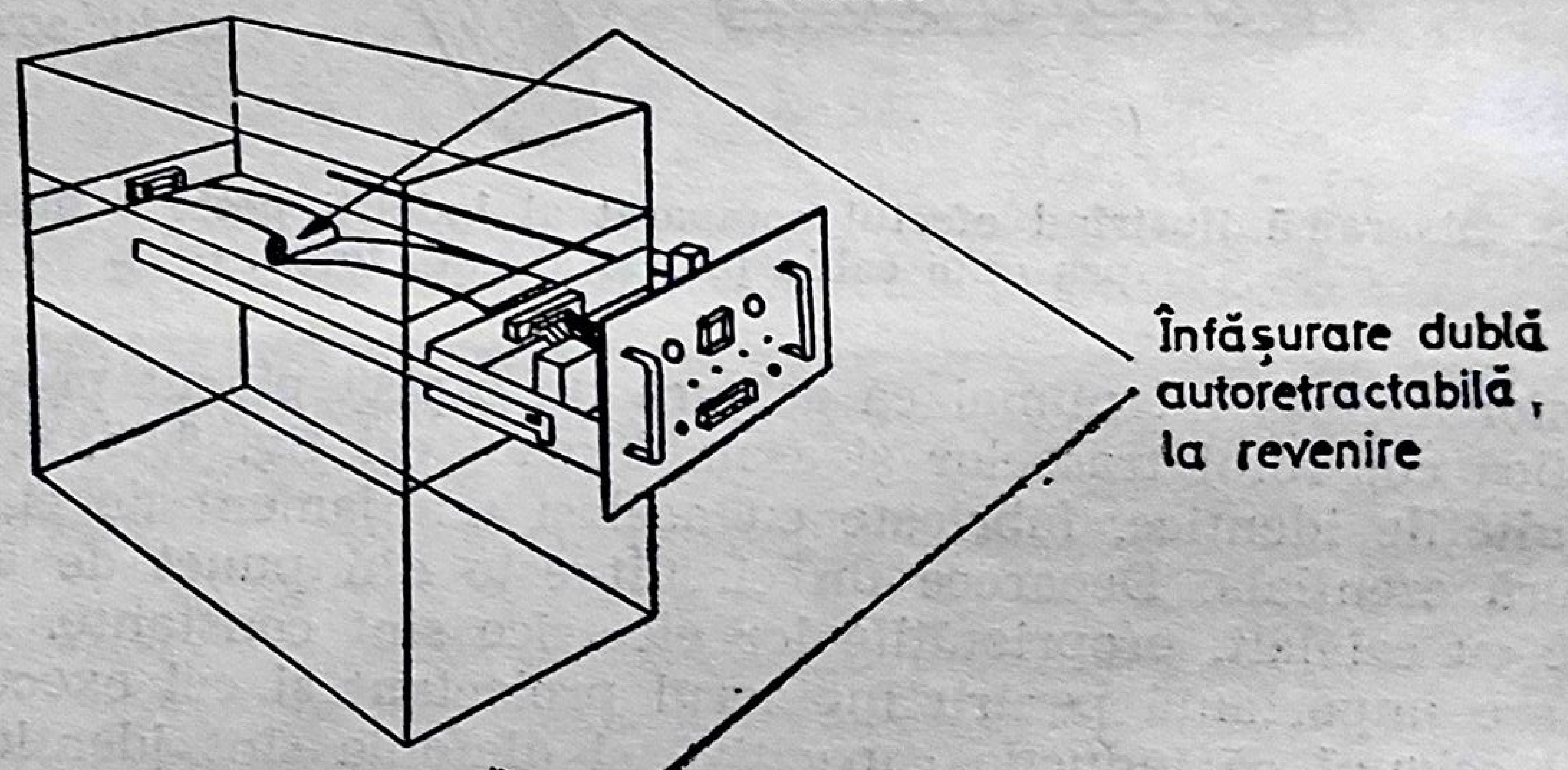
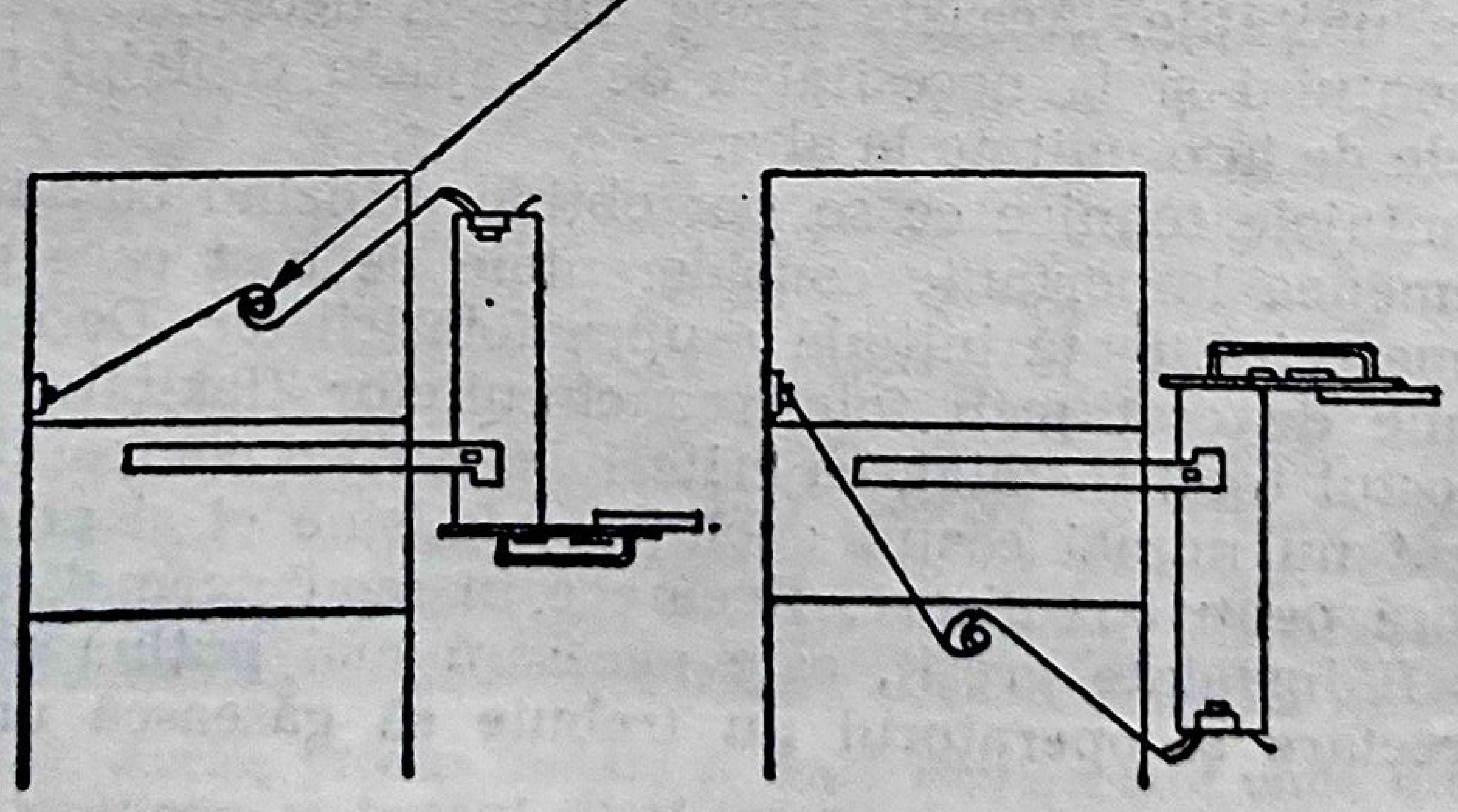

Pliurile tip acordeon
permit interconexiuni
mobile între şasiu şi
capac
Cablul plat pus pe verticală
nu necesită suport şi se
îndoaie uşor la
deschiderea
capacului
Pliu LAZY pentru a asi-
gura mişcarea cablului
în spaţiu strîmt

Fig. 6.43. Aplicaţii ale cablurilor plate şi cablurilor panglică la unităţi cu module mobile.


Înfăşurare dublă
autoretractabilă,
la revenire

(a) Unitate culisantă



(b) Unitate culisantă şi rabatabilă

Fig. 6.44. Aplicaţii ale cablurilor plate şi cablurilor panglică la unităţile cu module culisante.

fir, sau să știe acolo să citească schemele circuitului, simplificînd mult lucrurile cînd există un număr mare de conexiuni pe o suprafață foarte mică.

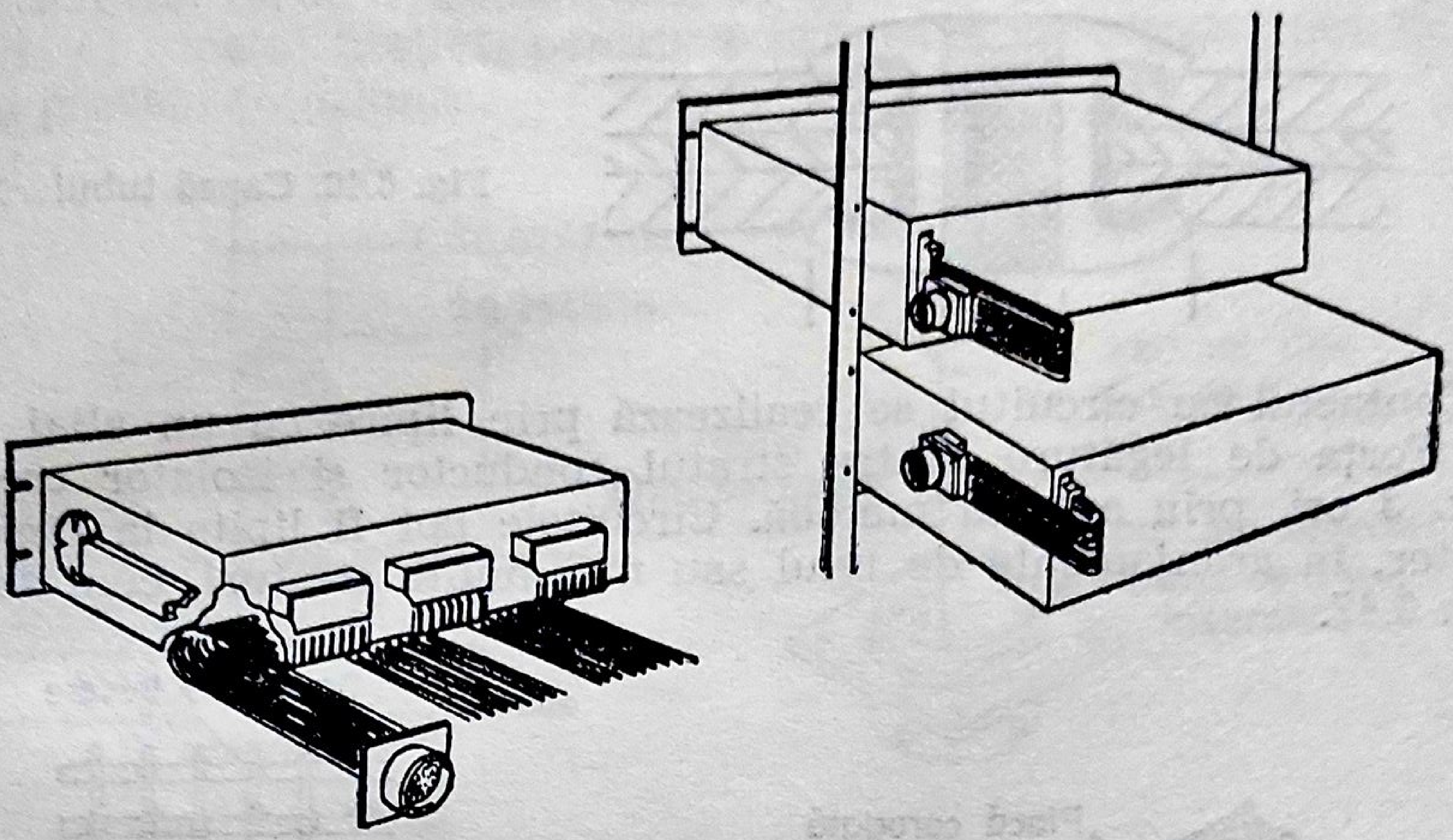


Fig. 6.45. Cabluri plate pliate folosite la module glisante sau pivotante (Ansley).

Conexiuni la circuite flexibile, cabluri plate și interconexiuni

Conectarea la circuite flexibile cere un studiu atent al problemei. Problema care, pînă acum, a limitat acceptarea circuitelor flexibile și a cablurilor plate mai mult decît oricare alt factor a fost cea a conectării. Tehnicile de conectare cu fir nu sînt potrivite. Trebuie remarcat că odată stratul izolator îndepărtat, conductorul plat este foarte expus la deteriorare.

Lipirea este încă metoda folosită în mod obișnuit la conectarea circuitelor flexibile, iar procedeele diferă atît de mult încît această metodă duce deseori la distrugerea circuitului de obicei prin topirea materialului izolator. Este importantă folosirea unui proces de lipire temporizat cu controlul riguros al temperaturii. Un timp de expunere de aproximativ 1 sec la 230°C s-a dovedit potrivit atît pentru lipirea în val cît și cea manuală. La cea manuală se folosește o sursă stabilizată.

O metodă răspîndită, folosită la circuite flexibile este aceea de a lipi o porțiune mai mare (suprafață sau trasee) a conductorului direct la un pin terminal, dar apare un punct slab între porțiunea lipită și izolație. Dacă pinul este forțat, porțiunea lipită se poate desprinde de stratul izolator de sub el, datorită distrugerii stratului adeziv dintre ele. Adezivul ce leagă porțiunea lipită de corpul circuitului este supus la un efort mecanic și termic excesiv în timpul lipirii. O metodă folosită pentru a evita acest neajuns este întărirea porțiunii respective cu un inel sau capsă de cupru inserat în circuit și țintuit prin aplicarea unei forțe de aprox. 25 kg (Fig. 6.46).

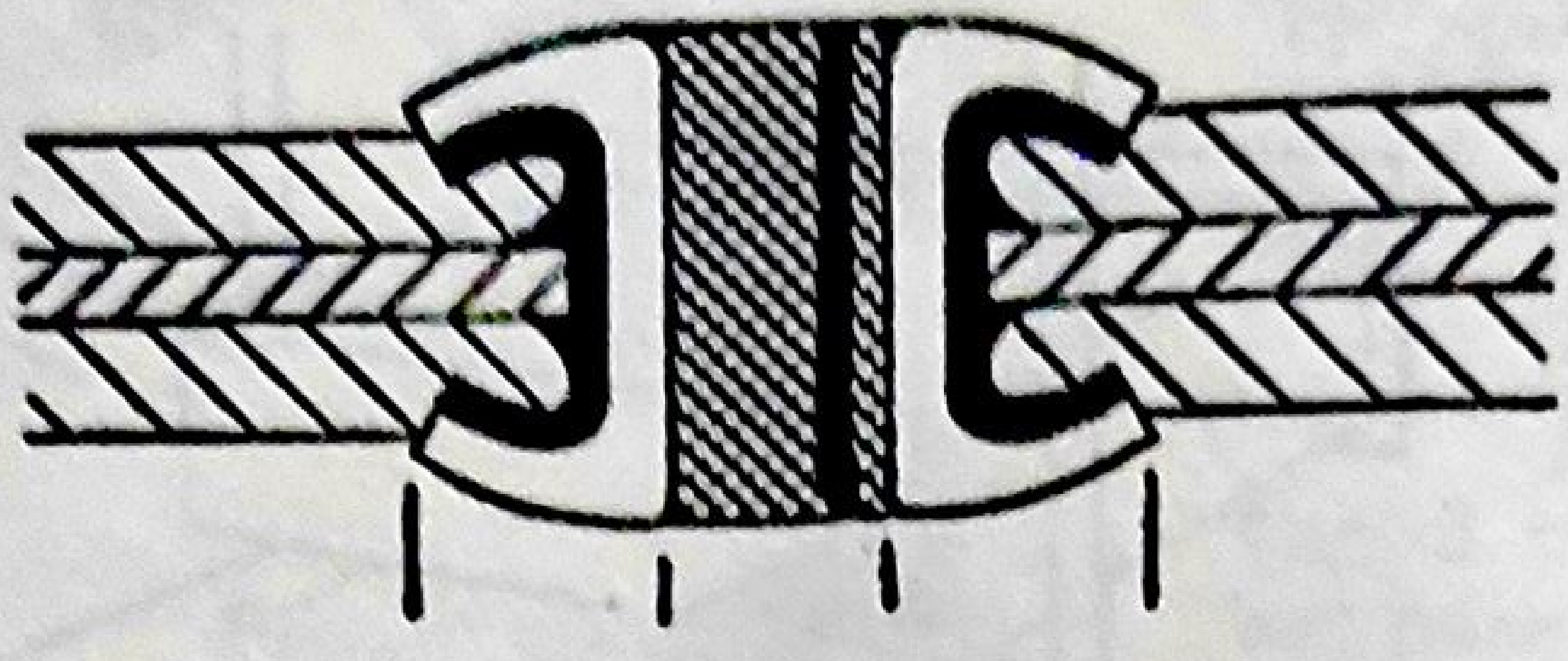


Fig. 6.46. Capsă tubulară.

Contactul cu circuitul se realizează prin lipire cu un aliaj de argint. Forța de legătură dintre stratul conductor și izolator crește de aprox. 3 ori, prin această metodă. Circuitele pot fi lipite la pinii unui conector, în aranjamente de unul sau mai multe straturi, cum se arată în fig. 6.47.

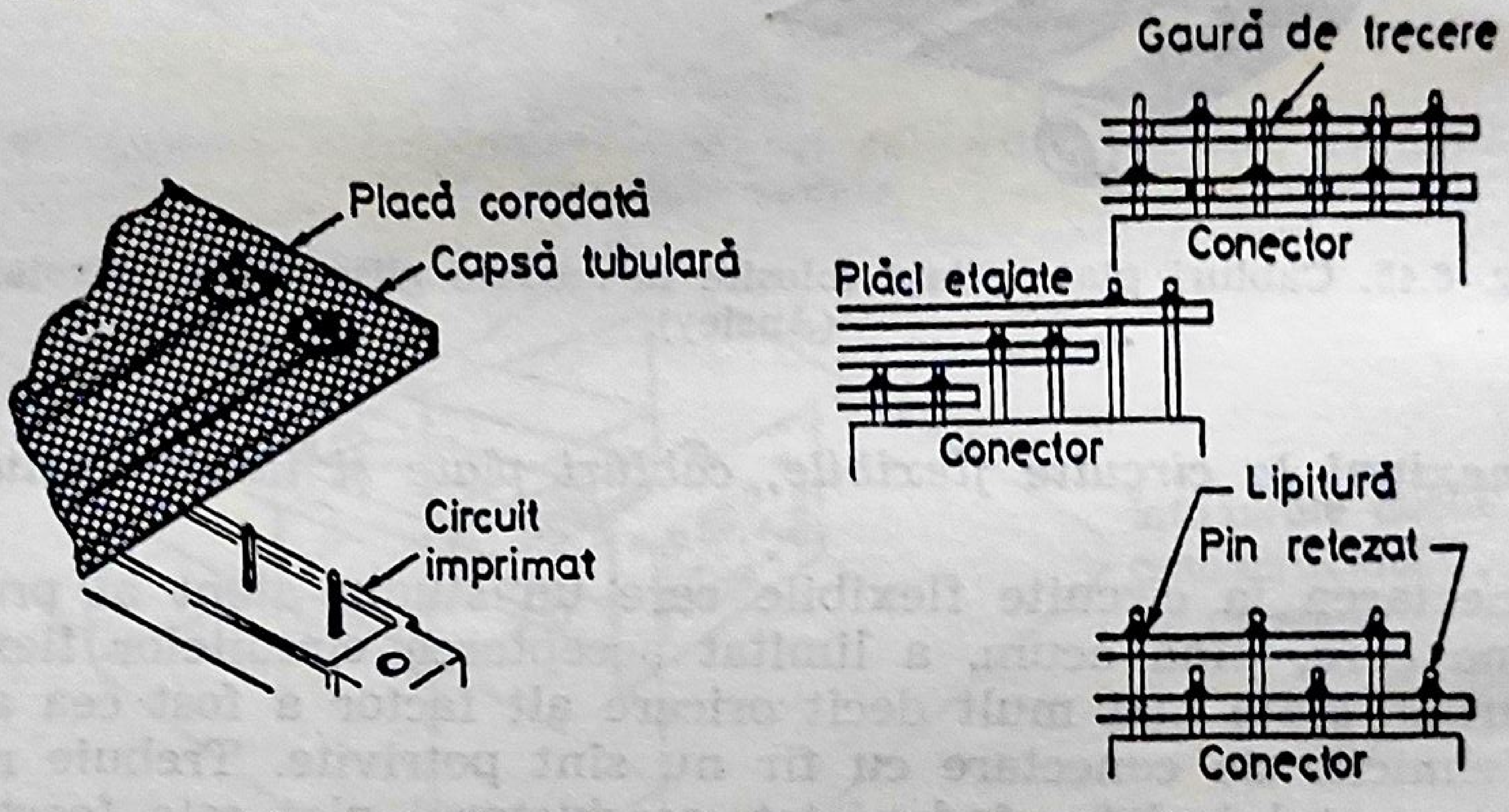


Fig. 6.47. Conexiuni lipite la circuite flexibile.

În fig. 6.48 și 6.49 sînt arătate alte metode de conectare cu pini lipiți. Circuitele flexibile au fost, de asemenea legate pentru formarea de ansambluri duble sau multistrat, interconectarea lor făcîndu-se cu nituri tubulare lipite, găuri metalizate sau sudură. Flexibilitatea întregului ansamblu a scăzut, evident, în urma acestor interconectări.

O metodă de conectare ce corespunde cerințelor de mare fiabilitate este sudarea prin izolație la conectori, pini terminali, fire sau alți conductori plați. Imbinarea este ferită de tensionare de o pastilă flexibilă de rășină care previne concentrarea de forțe în porțiunea în care apare schimbarea de grosime (vezi fig. 6.50). Această metodă este folosită cu succes pentru conectarea cablurilor plate și nu necesită dezizolarea prealabilă.

Pentru aplicațiile în regim ușor, circuitele flexibile pot fi conectate în mod satisfăcător folosind conectori de capăt standard. Este în primul rînd necesar să se îndepărteze izolaţia pe o parte a circuitului sau cablului şi acest lucru se face cel mai bine utilizînd un dispozitiv termic de dezizolat făcut în acest scop dar se pot folosi şi metode de dezizolare prin răzuire. Conductorii şi ecranele dezizolate sînt placate cu nichel sau metal preţios, pentru a asigura o rezistenţă mică de contact şi a preveni coroziunea.

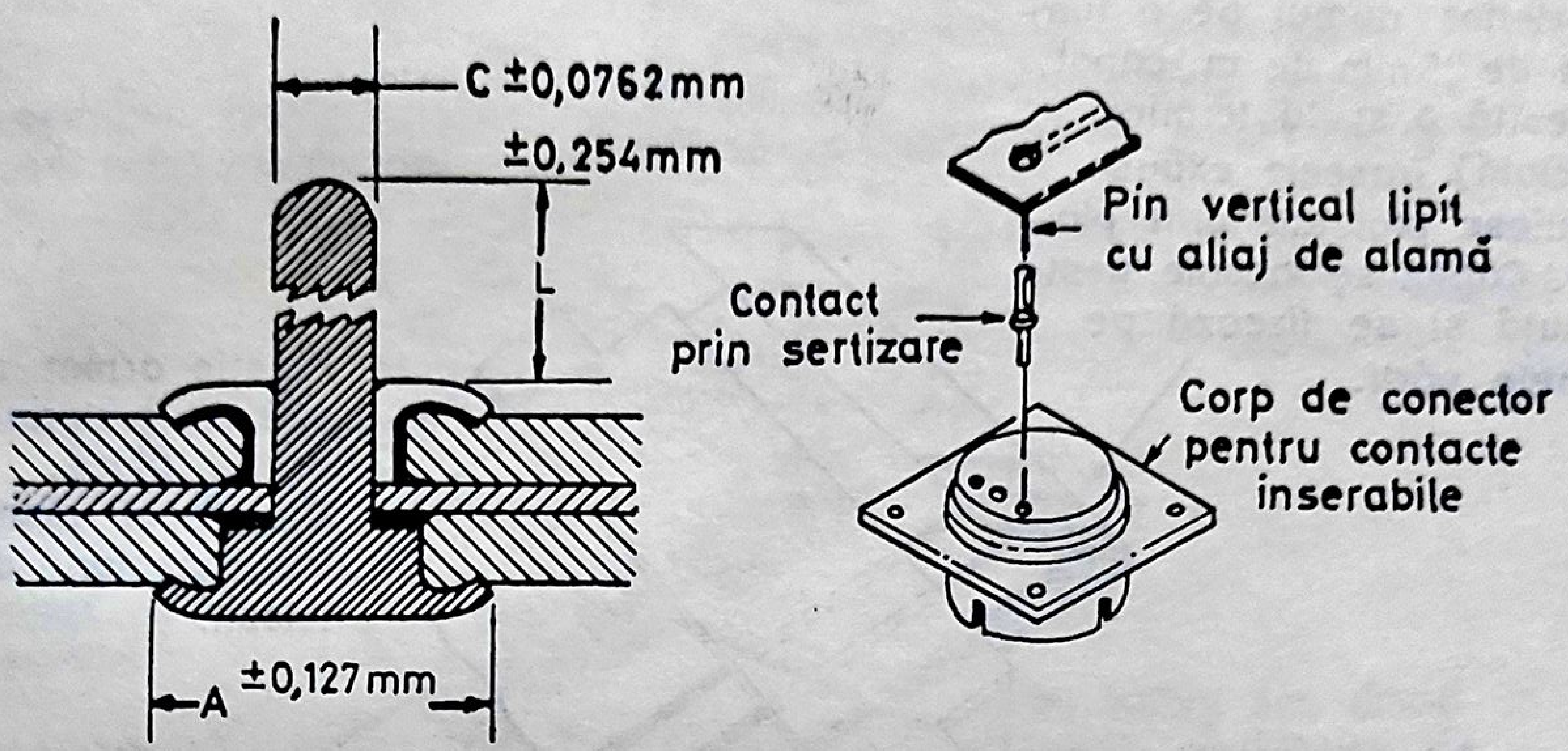

C ±0,0762mm
±0,254mm
L
A ±0,127mm
Pin vertical lipit cu aliaj de alamă
Contact prin sertizare
Corp de conector pentru contacte inserabile

Fig. 6.48. Terminarea cu pin vertical a circuitelor flexibile.

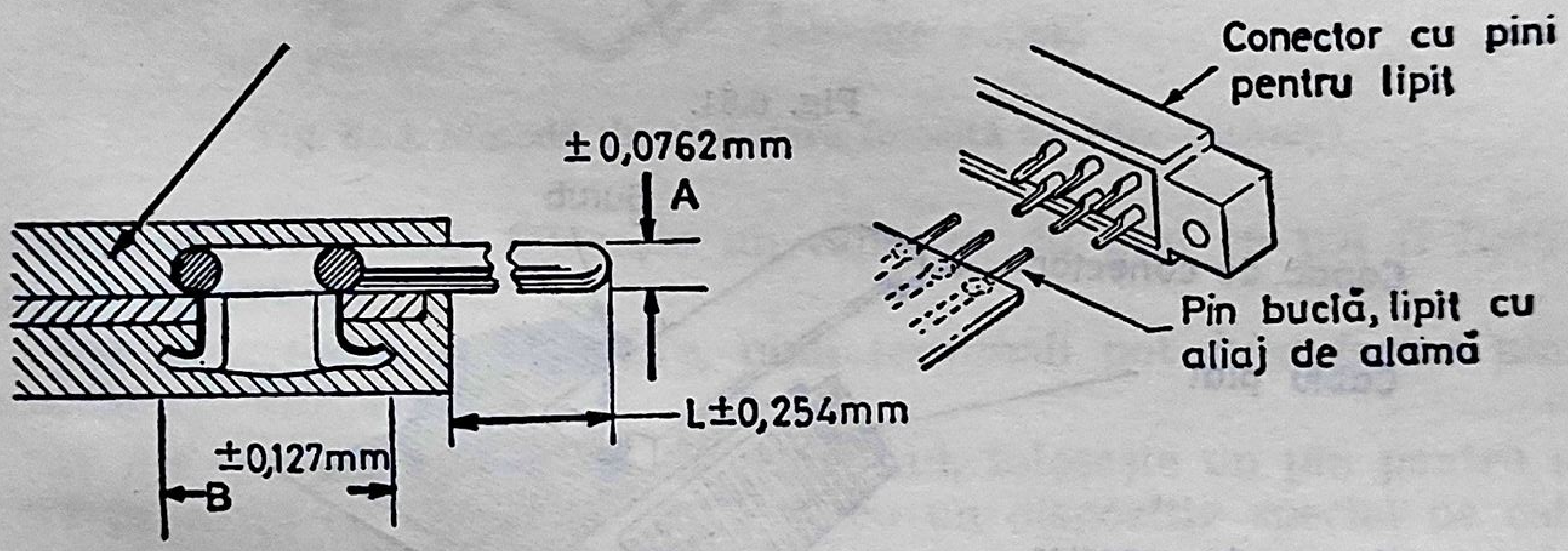

±0,0762mm
A
L±0,254mm
±0,127mm
B
Conector cu pini pentru lipit
Pin buclă, lipit cu aliaj de alamă

Fig. 6.49. Terminarea cu pin orizontal sau „în linie“ a circuitelor flexibile.

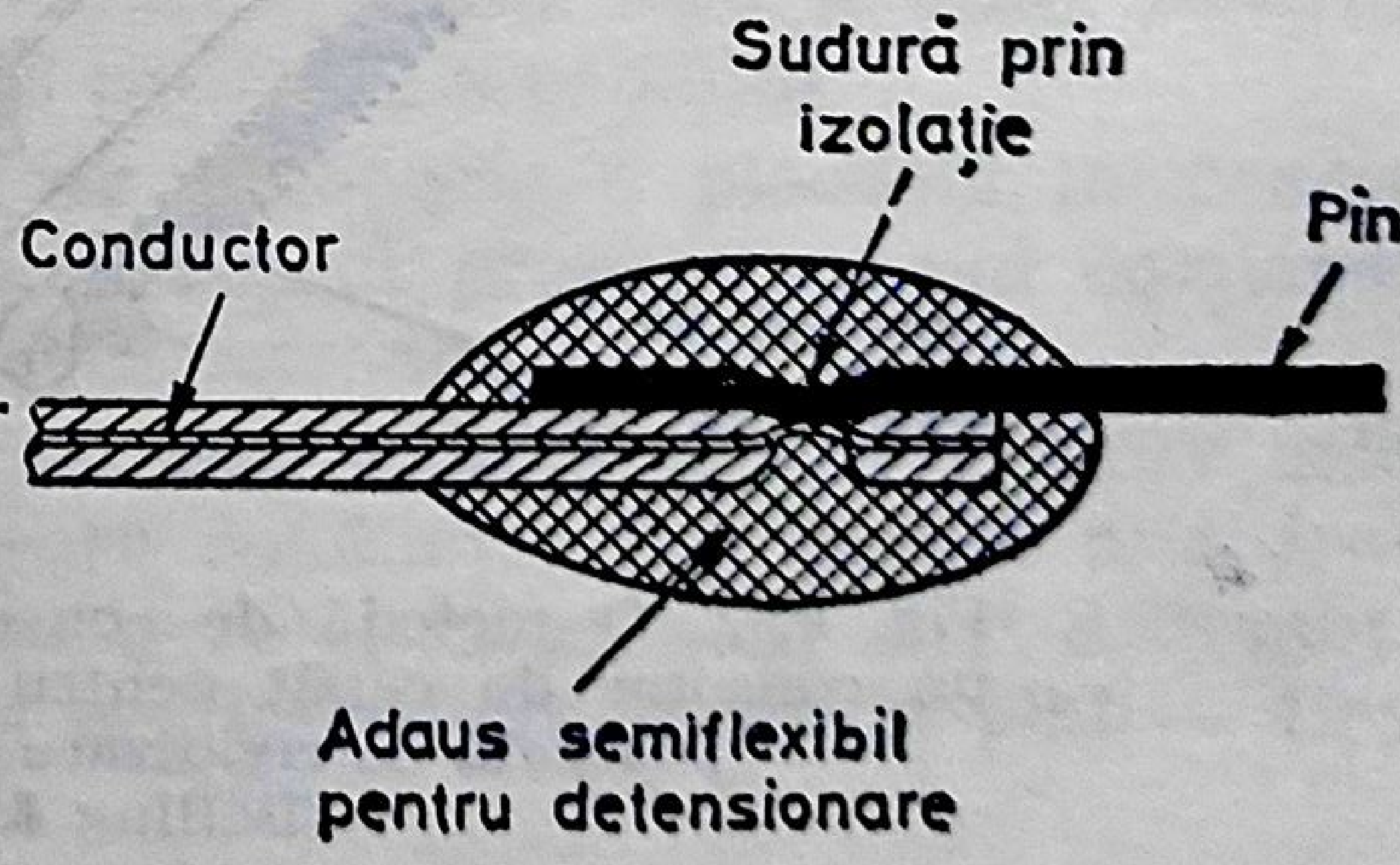
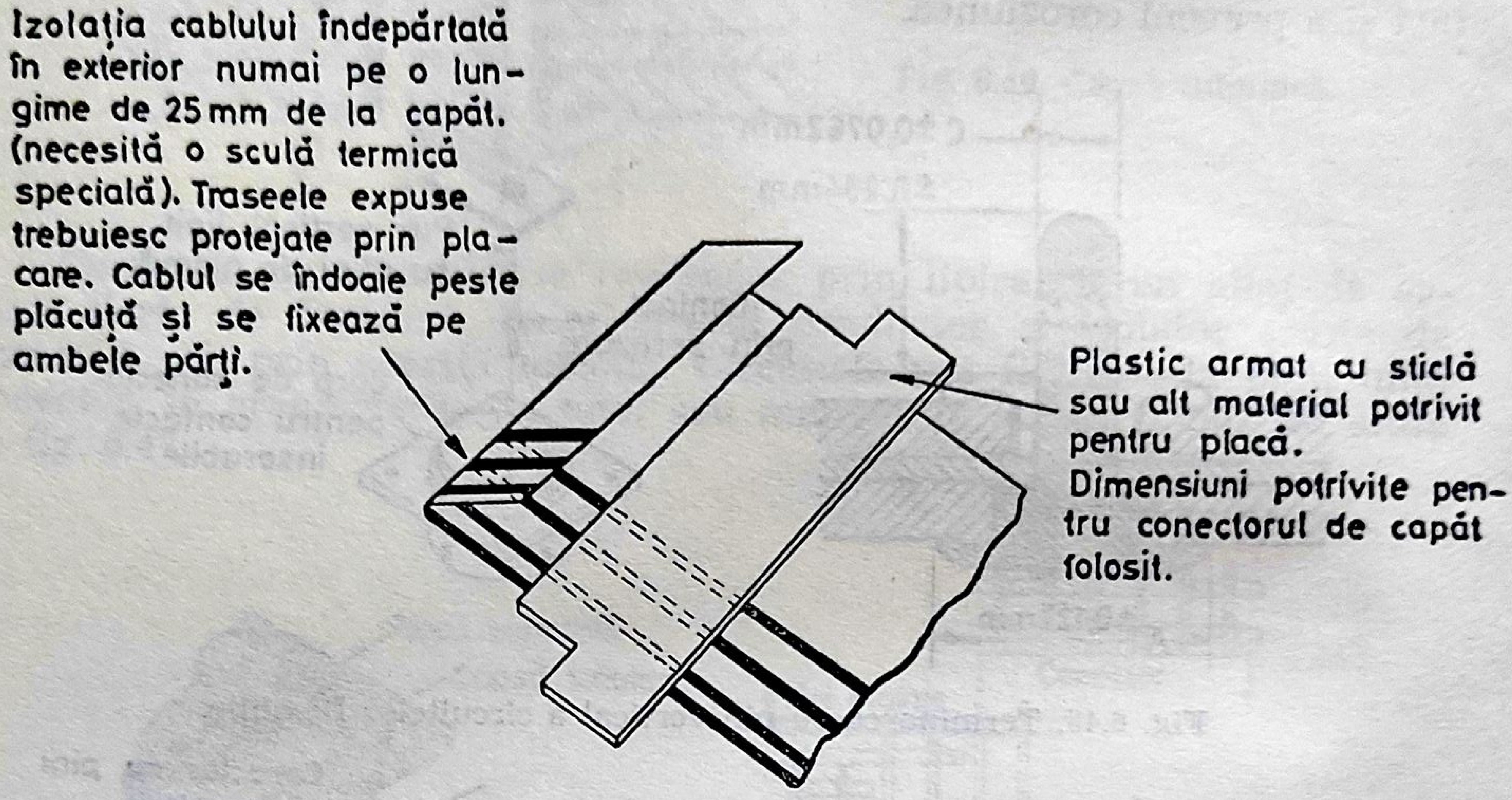

Sudură prin izolaţie
Pin
Conductor
Adaus semiflexibil pentru detensionare

Fig. 6.50. O metodă de terminare a cablului plat care nu necesită desizolare (Ausley).

Circuitul sau cablul astfel pregătit este îndoit şi fixat pe o placă rigidă izolatoare. Astfel se poate introduce într-un conector de capăt obişnuit (vezi fig. 6.51). O altă variantă este următoarea: circuitul rigidizat cu plăcuţa izolatoare este montat într-un conector de placă imprimată (fig. 6.52).



Izolaţia cablului îndepărtată în exterior numai pe o lungime de 25 mm de la capăt. (necesită o sculă termică specială). Traseele expuse trebuiesc protejate prin placare. Cablul se îndoaie peste plăcuţă şi se fixează pe ambele părţi.

Plastic armat cu sticlă sau alt material potrivit pentru placă. Dimensiuni potrivite pentru conectorul de capăt folosit.

Fig. 6.51.

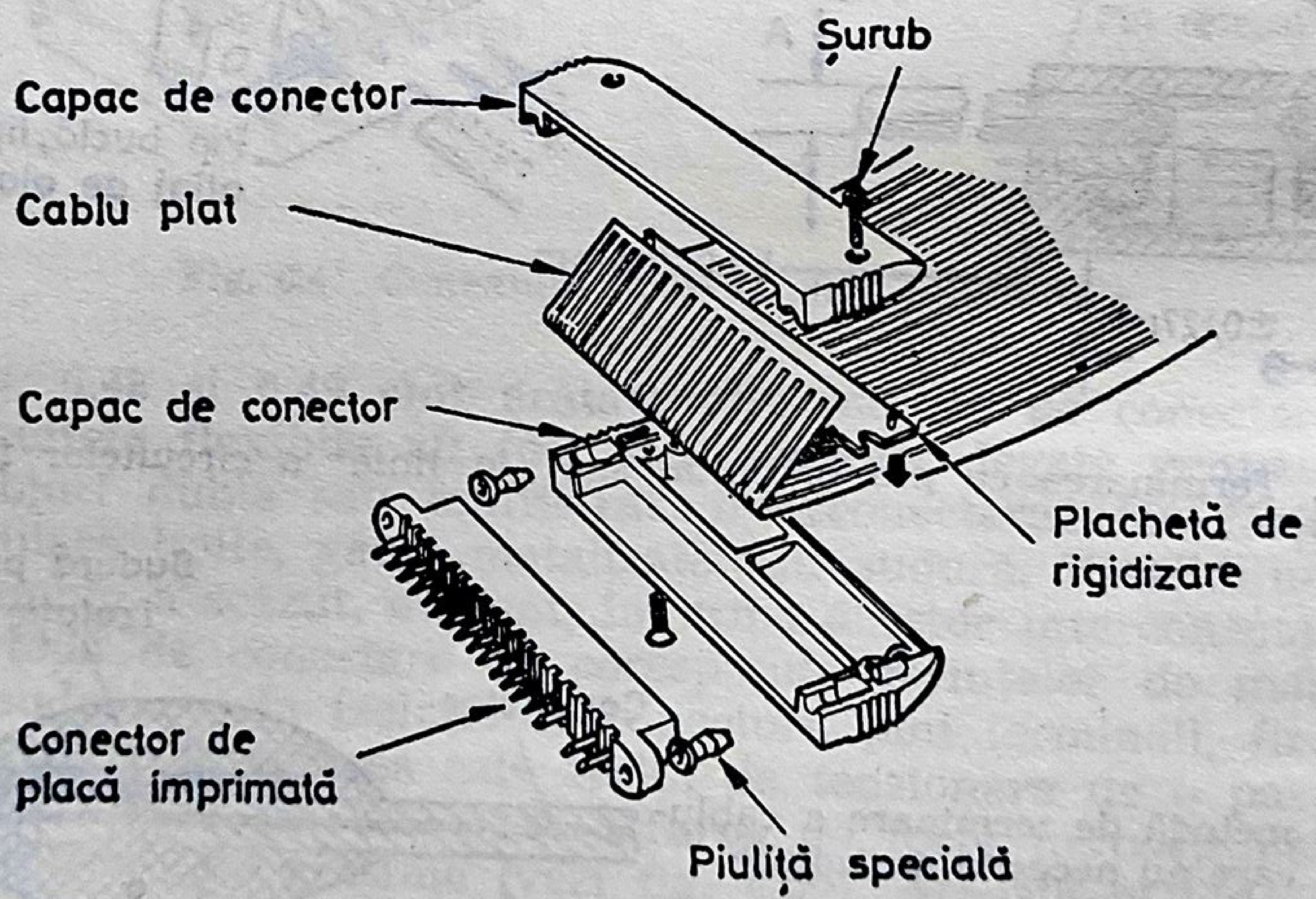

Şurub
Capac de conector
Cablu plat
Capac de conector
Plachetă de rigidizare
Conector de placă imprimată
Piuliţă specială

Fig. 6.52. O metodă de conectare a cablului plat folosind un conector de capăt pentru plăci cu circuit imprimat, o plachetă de rigidizare şi două capace turnate (Belling & Lee Ltd).

O metodă de conectare, proiectată de BICC-Burndy pentru conductorii plaţi, foloseşte de asemenea un tip de plăci rigidizante aşa cum arată Fig. 6.53. Cablurile se livrează cu traseele conectate prin lipire sau sudare de o plăcuţă rigidă prevăzută cu trasee şi suprafeţe de contact potrivite pentru un conector de capăt standard. O combinaţie convenabilă este cea care foloseşte un conector cu pini ce pot fi lipiţi pe o placă imprimată.

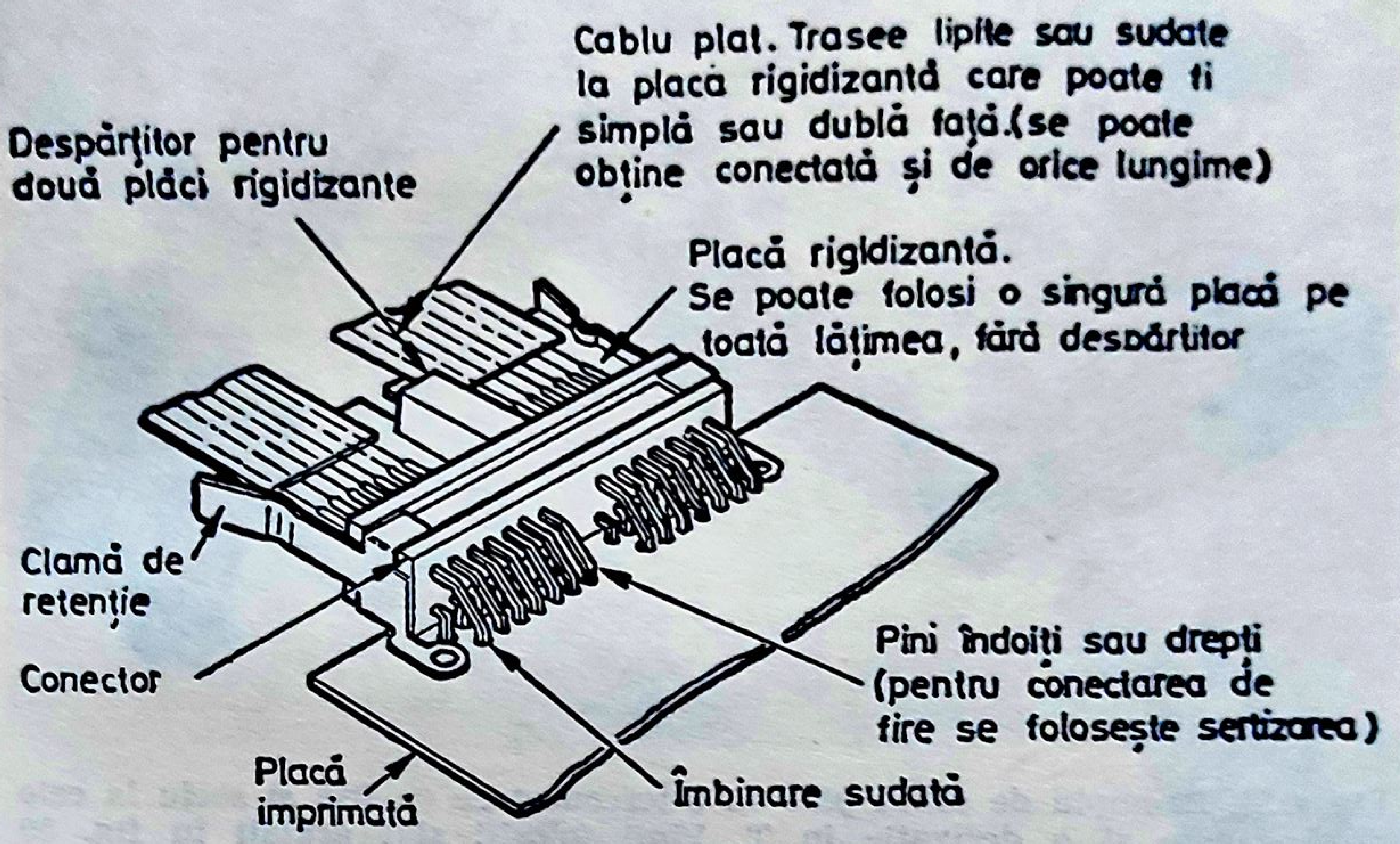

Cablu plat. Trasee lipite sau sudate la placa rigidizantă care poate fi simplă sau dublă faţă.(se poate obţine conectată şi de orice lungime)
Despărţitor pentru două plăci rigidizante
Placă rigidizantă. Se poate folosi o singură placă pe toată lăţimea, fără despărţitor
Clamă de retenţie
Conector
Pini îndoiţi sau drepţi (pentru conectarea de fire se foloseşte sertizarea)
Placă imprimată
Îmbinare sudată

Fig. 6.53. Metodă de conectare folosită de Bicc-Burndy).

Pentru conectarea prin fire, pinii terminali pot avea forma pinilor de sudat sau înfăşurat.

O altă metodă, proiectată de AMP Ltd, foloseşte un pin pentru sertizare prevăzut cu dinţi care, aplicaţi cu un dispozitiv special pe cablu, taie izolaţia pe părţile laterale ale conductorului şi cu arcurile curbate de presiune de pe margine strînge conductorul izolat, dinţii străpung izolaţia şi realizează contactul cu conductorul (fig. 6.54 şi 6.55). Această metodă nu necesită dezizolare sau altă pregătire a cablului.

Figura 6.56 prezintă o metodă de a conecta o plachetă în poziţie perpendiculară pe cablul plat, folosind cablul pregătit special combinat cu conectori speciali produşi de Ansley Electronics.

Aria de contact a cablului, aurită, este îndoită şi strînsă între cele două jumătăţi ale conectorului. Fiecare conductor este presat prin izolaţie pe contactul respectiv de un arc de oţel inoxidabil, aflat dedesubt. Această figură prezintă de asemenea o interconexiune cablu plat — fire conductoare discrete.

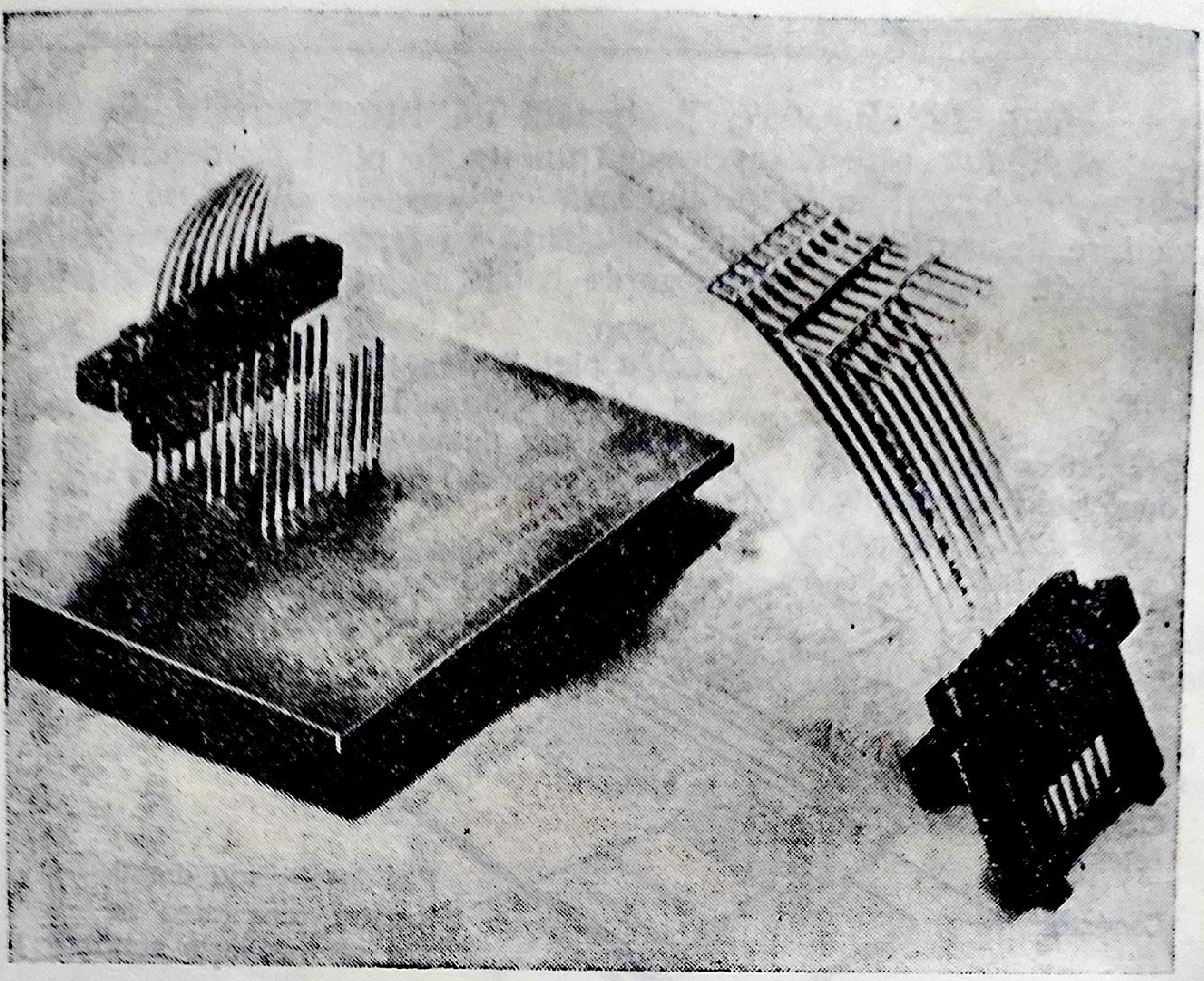


Fig. 6.54. Exemplu de cablu plat cu interconectare cu fişă şi soclu la cele două capete şi o derivaţie în T. Pinii folosiţi sînt arătaţi în fig. 59 (AMP Ltd).

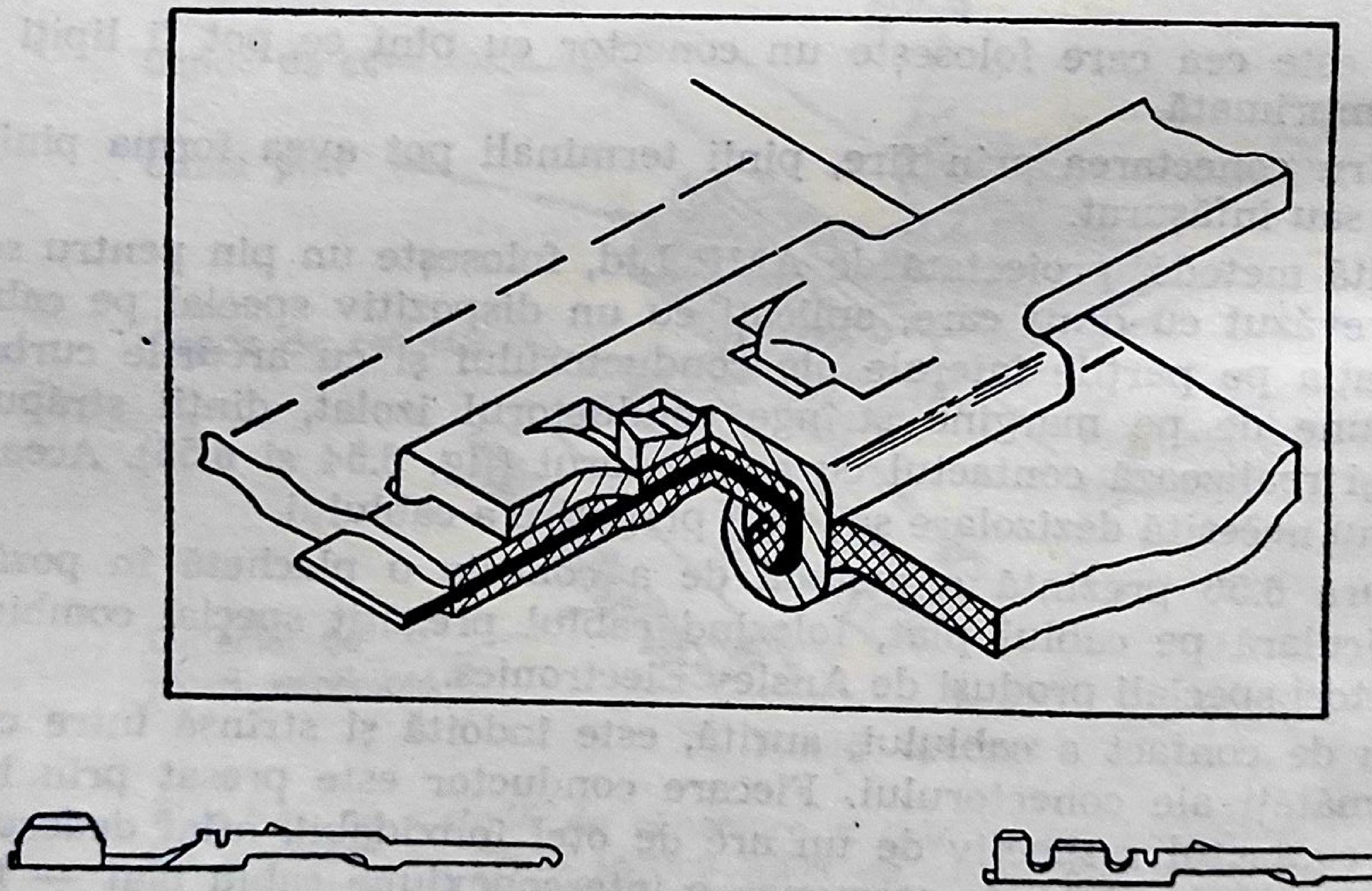


Fig. 6.55. Pin terminal de sertizat pentru cablu plat (AMP Ltd).

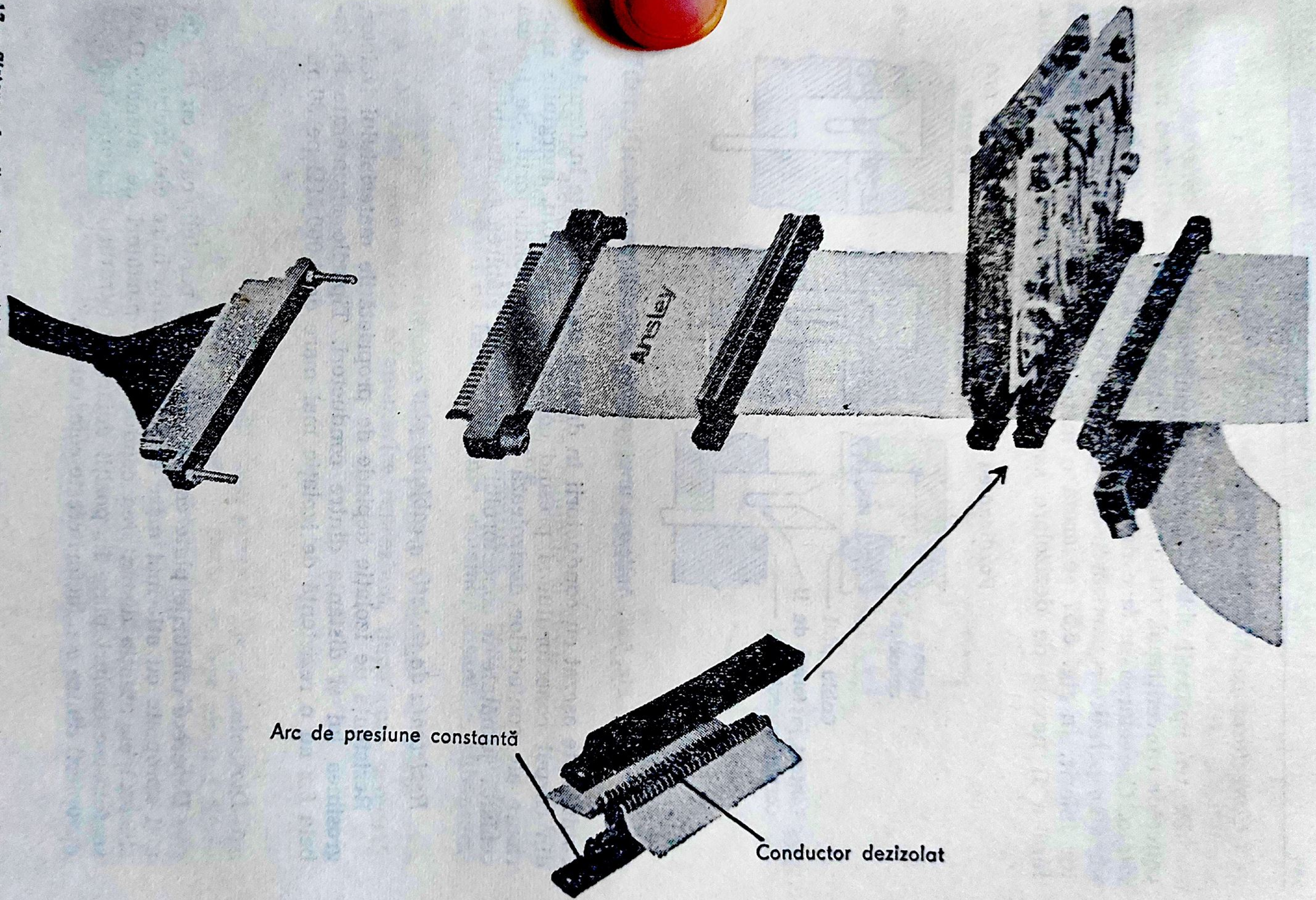

Ausley
Arc de presiune constantă
Conductor dezizolat

Fig. 6.56. (Ausley).

Conectarea cablului panglică

Pentru aplicații obișnuite, cablul panglică poate fi conectat cu orice conector convențional, cu pini pentru lipit, sau sertizat, într-o mare varitate. Conectarea se face despicînd cablul în fire individuale pe o lungime ce permite repartizarea sau gruparea lor potrivit cu tipul de conector folosit. În fig. 6.57 se arată o metodă de a conecta cablu panglică fără a fi nevoie de dezizolare sau pregătiri pentru lipire, prealabile.

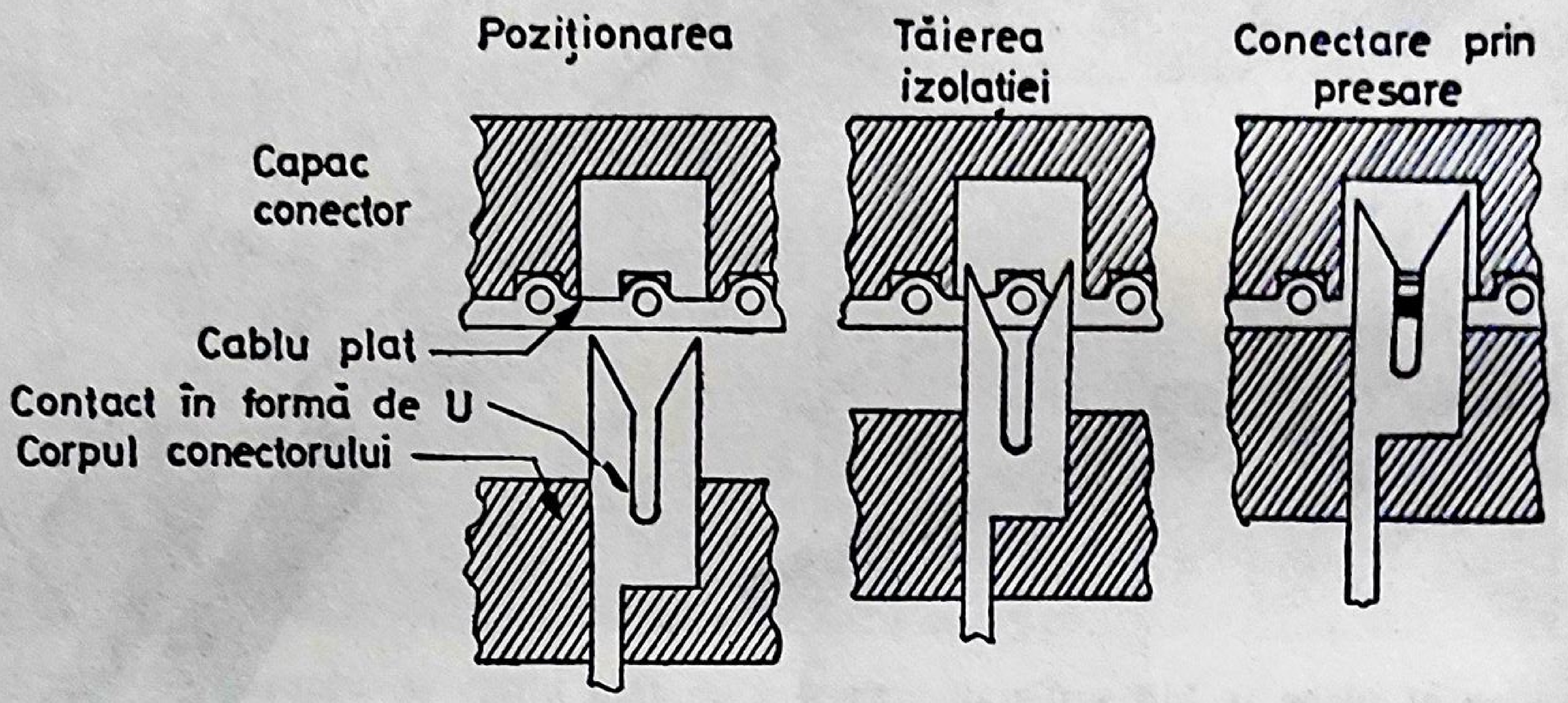


Fig. 6.57. Aplicarea unui conector pe cablu panglică.

Cablul este așezat cu conductorii în dreptul unor contacte în formă de U din corpul conectorului și presînd conectorul pe cablu, marginile interioare ale contactelor dezizolează local și ating conductorul. Se fixează cealaltă jumătate a conectorului, împiedicînd slăbirea contactului.

Rezistența de izolație a cablului plat

Rezistența de izolație depinde de proprietățile materialului izolator, grosimea lui și distanța dintre conductori. Tipurile enumerate în tabela 6.2 au o rezistență de izolație mai mare de 1 000 MΩ pe 30 m.

Diafonie

Deoarece cablurile plate conțin conductori paraleli, care, cu cît sînt mai apropiate cu atît mai mare este interferența între ele, trebuie considerată cu atenție distanțarea conductorilor purtători de semnal. Dacă se folosesc cabluri plate în poziții adiacente (straturi) diafonia datorată apropierii dintre conductori crește considerabil.

Această problemă poate fi redusă folosind ecrane sau folosind anumiţi conductori în scopuri de ecranare, (de exemplu, conductorii din doi în doi pot fi puşi la masă, ca în fig. 6.58). Ecranele exterioare contribuie bineînţeles, la reducerea interferenţei către sau de la circuitele exterioare dar trebuie avut în vedere că ecranele măresc capacitatea faţă de pămînt a semnalului transmis şi acest lucru poate reprezenta o problemă în unele aplicaţii.

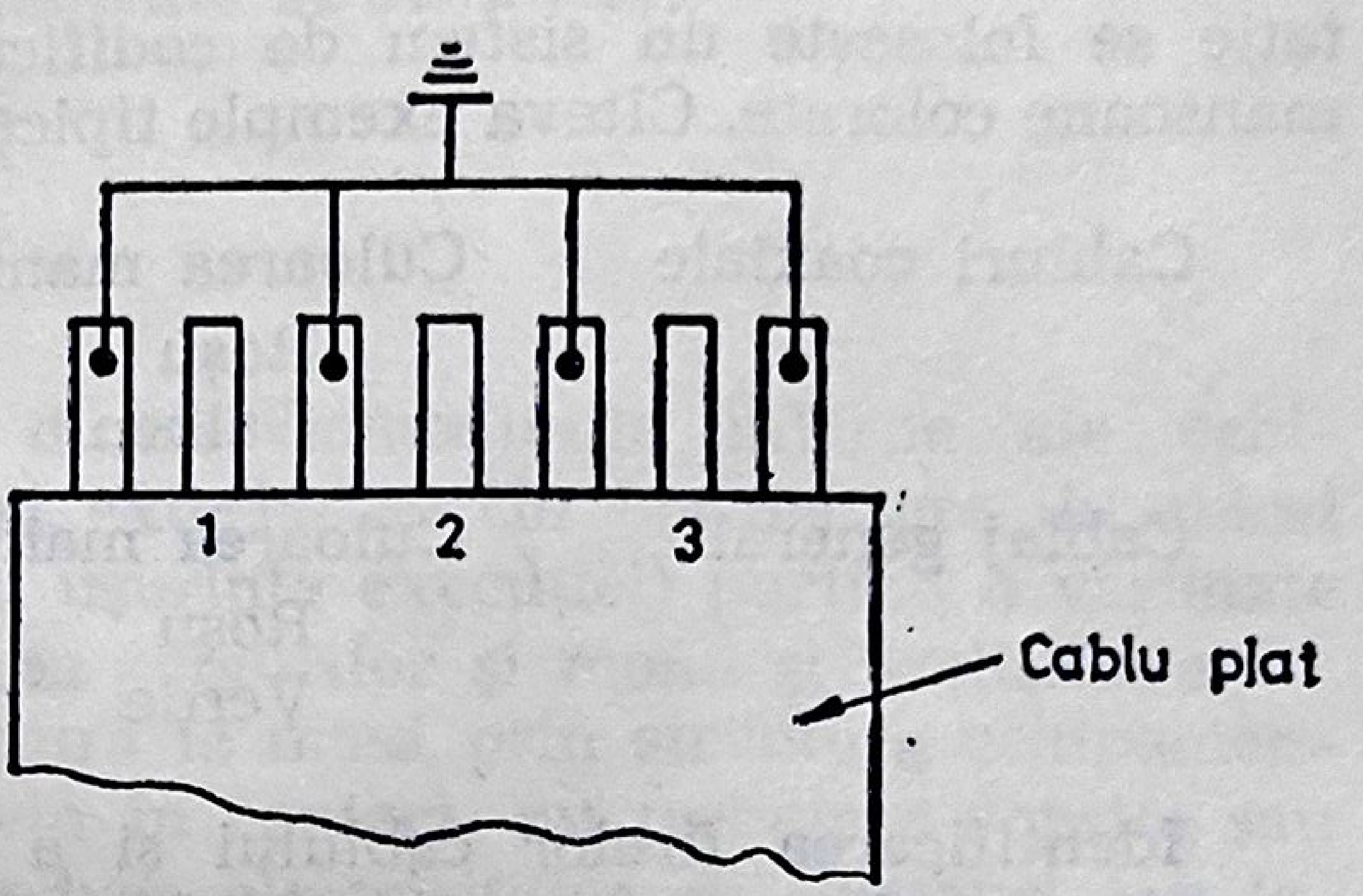


Fig. 6.58. Utilizarea conductorilor pentru ecranare.

Identificarea cablurilor şi firelor de interconectare

Unităţile electronice demontabile, cablurile şi firele necesită în majoritatea cazurilor în semn de identificare.

Identificarea unor părţi ale echipamentului se poate face împărţindu-l în patru categorii de bază şi anume: sisteme, ansamble, subansamble şi unităţi.

De exemplu, o identificare tipică pentru o unitate se poate scrie 1D2C, în care simbolurile alfanumerice reprezintă, după cum urmează:

1 — unitatea 1
D — subansamblul D
2 — ansamblul 2
C — sistemul C.

Un conector atribuit unei unităţi date, poate fi identificat de o cifră şi o literă. Localizarea fiecărui conector în parte, se face alocînd litere coordonatei pe orizontală şi cifre coordonatei pe verticală (adică sub formă de matrice) un exemplu fiind SKA3 (soclul A3).

Identificarea unui capăt de cablu se face prin două grupuri de caractere despărţite printr-o linie oblică. Primul grup se referă la elementul de cuplare cu care se îmbină conectorul de cablu, de ex. PLA (jumătatea mobilă a conectorului A). Cel de al doilea grup este numărul de identificare al unităţii, de ex. 1, 3 etc., formînd PLA/3.

Dacă este necesară indicarea ansamblului sau subansamblului din care se face parte conectorul respectiv, numărul de referinţă a ansamblului sau a subansamblului se poate insera după numărul unităţii după cum urmează, PLA/3D 2. Se poate adăuga un al treilea grup de caractere indicînd destinaţia celuilalt capăt al cablului.

Cînd este necesară identificarea cablului fără referire la documentaţie se foloseşte un sistem de codificare cu culori, prin aplicarea de mansoane colorate. Cîteva exemple tipice:

Cabluri coaxiale	Culoarea mansonului	Funcţia
	Roşu	de sincronizare
	Galben	semnale video
Cablaj general	**Culoarea mansonului**	**Funcţia**
	Roşu	Putere
	Verde	Sisteme de afişare

Identificarea firelor cablului şi a destinaţiei lor se face utilizînd una din următoarele metode: (a) Identificarea prin culoare şi număr — acest sistem este bazat pe alocarea unui număr individual fiecărui fir şi aplicarea lor pe fire prin mansoane colorate şi cu inscripţia numărului; b) Identificarea după destinaţie — se fixează manşoane de identificare, ce indică componenta sau pinul terminal de destinaţie. Fixarea de manşoane, identificatoare pe contacte demontabile este de obicei obligatorie.

Exemple de contacte demontabile sînt pinii sub formă de ace, bucşele, contactele Hyfen, Hylug, contactele înşurubate şi fişele.

Nu se fixează manşoane de identificare la conexiuni nedemontabile cum sînt conexiunile lipite, înfăşurate şi de tip termopunct.

Susţinerea cablurilor şi firelor

Trasarea cablurilor şi firelor prin echipamentele electronice trebuie făcută cu atenţie, în special cînd unităţile sînt culisante sau rabatabile pentru a uşura întreţinerea şi reglările.

Cablurile şi conectorii nu trebuie supuşi la eforturi şi îndoiri nepermise, de aceea trebuiesc asigurate suporturi adecvate sub formă de jgheaburi rabatabile bare de susţinere cu arc sau legături flexibile de care se leagă sau se prind cu cleme cablurile.

În carcasă trebuie prevăzut loc suficient pentru cabluri cînd echipamentul este „închis" şi cablurile se aşează într-o poziţie cu rază de îndoire maximă. Dacă, porțiunea finală a cablului nu este fixată adecvat, anumite fire pot fi supuse la eforturi prea mari și mișcările repetate provocate de mișcările unității din care face parte, vor duce la ruperea firului, lucru care se întîmplă cel mai des la îmbinarea conector-fir.

Cablurile plate, descrise mai înainte, sînt mai potrivite decît firele și cablurile pentru conectarea unităților mobile (vezi fig. 6.44 și 6.45). Aceste cabluri nu prea necesită elemente de susținere.

Borniere

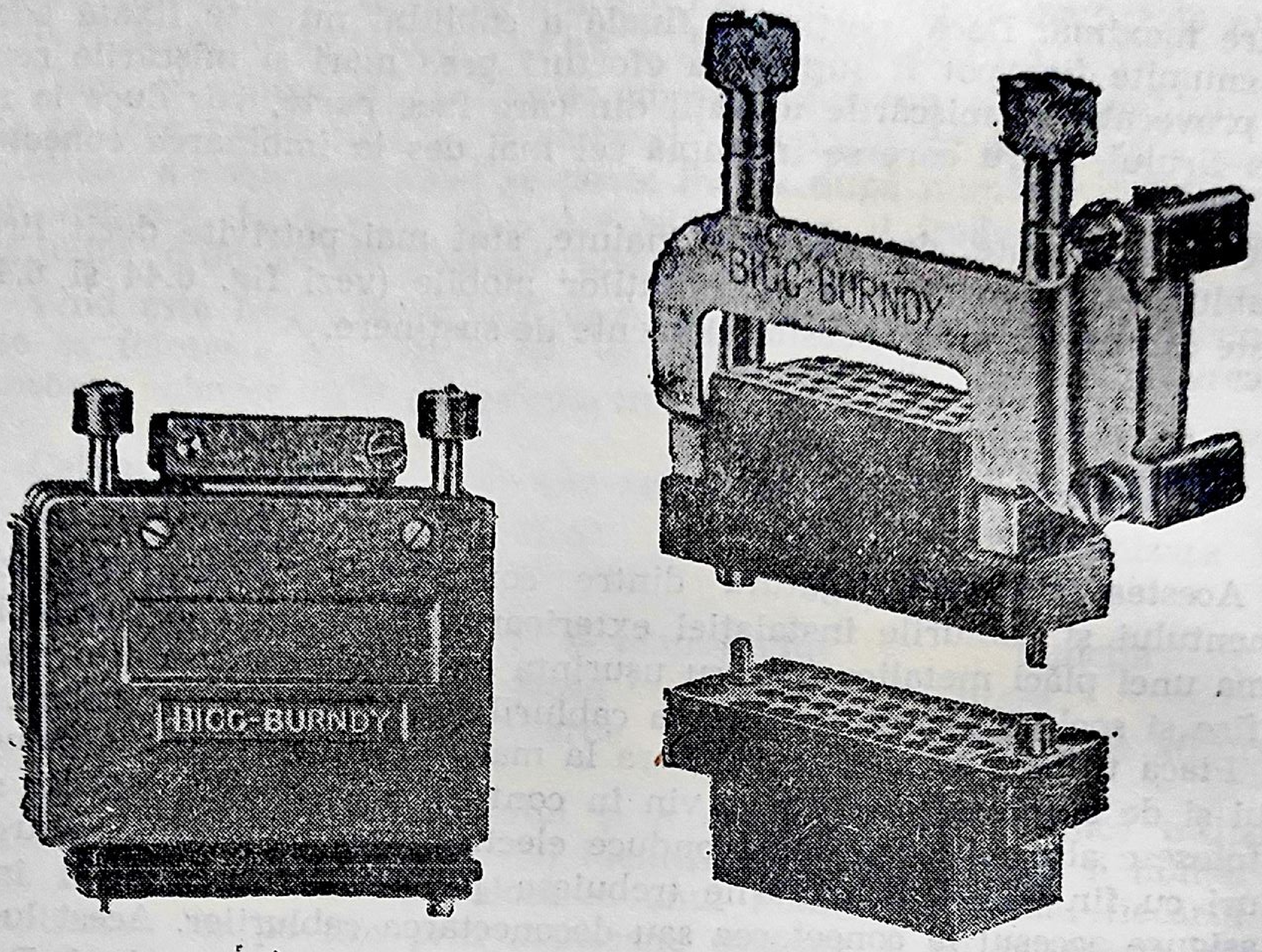
Acestea realizează legătura dintre conexiunile interne ale echipamentului și cablurile instalației exterioare. Un bornier are de obicei forma unei plăci metalice (pentru ușurința execuției) purtînd o varietate de fișe și socluri pentru conectarea cablurilor și mono și multifilare.

Placa trebuie să asigure legătura la masă prin structura echipamentului și de aceea suprafețele ce vin în contact, nu trebuiesc vopsite sau se folosesc alte mijloace de a conduce electricitatea ca șuruburi sau legături cu fir. Fișele și soclurile trebuiesc poziționate în așa fel încît să asigure accesul la conectarea sau deconectarea cablurilor. Acest lucru poate fi foarte dificil cînd se cere un număr mare de conexiuni. Poziția lor trebuie să asigure accesul la oricare conexiune fără a deranja conexiunile alăturate, dar depinde și de tipul de conector de cablu folosit. Cele fixate cu șurub central vor avea nevoie de mai puțin spațiu. (vezi fig. 6.32) și o amplasare decalată a fișelor și soclurilor poate fi aranjamentul optim. Semnele de identificare ale firelor și cablurilor trebuie să fie vizibile. Fișele și soclurile trebuie să aibă o construcție robustă să reziste la reconectări repetate și într-o anumită măsură, la o mînuire necalificată.

Bornierul trebuie așezat într-o despărțitură a incintei echipamentului sau ferit de carcasă pentru a nu produce stricăciuni cablurilor și conectorilor, de exemplu prin atingerea accidentală de un echipament de test mobil.

Fixarea cablurilor cu cleme

Unii conectori de cablu sînt prevăzuți cu cleme pentru prinderea cablului (vezi fig. 6.59) dar acest lucru nu elimină necesitatea de a asigura puncte de susținere de-a lungul cablului.



a) b)

Fig. 6.59. (a) şi (b). Corpuri de conectori prevăzute cu cleme de cablu şi şuruburi de deplasare.

Cablurile şi firele nu trebuiesc suspendate de conectori. Este necesar să se prevadă lîngă conector, un suport de care cablul poate fi prins cu cleme asigurîndu-se libertatea de mişcare pentru conectări şi deconectări. Barele de susţinere trebuiesc proiectate în aşa fel să nu deterioreze cablurile în condiţii de vibraţii.

Anexă la cap. 6

Glosar de termeni

	Ordin de mărime (unde este cazul)
BIFURCAT — despicarea în lung a unei lamele elastice de contact, ca cele folosite în conectorii pentru plăci imprimate, pentru a mări flexibilitatea lamelei şi a asigura puncte adiţionale de contact, adică un contact bifurcat.	
CONECTOR DE FORŢA ZERO — un conector în care suprafeţele de contact nu se ating pînă cînd nu se produce inserţia completă nefiind necesară nici o forţă de inserţie. După inserţie contactele sînt acţionate pentru a realiza un contact electric.	
CONECTOR DE CAPĂT — un conector cu lamele elastice care vin în contact cu traseele plăcii imprimate.	Fig. 6.19.
CONECTOR MIXT — un conector la care ambele jumătăţi sînt absolut identice. Nu există o jumătate „mamă“ şi una „tată“, dar se iau măsuri pentru orientarea corectă a celor două părţi.	
CURĂŢIRE — acţiunea reciprocă a două contacte electrice care înlătură contaminantele de pe suprafeţele de contact.	
CULEGEREA SEMNALULUI — este un termen folosit pentru a defini relaţia dintre lamelele conectorului de capăt şi suprafeţele de contact ale plachetei. De ex. pe o placă dublu strat, se poate culege acelaşi semnal de pe suprafeţele corespondente pe o faţă şi alta (culegere dublă) sau se pot culege semnale diferite (culegere simplă).	
DISTANŢAREA CONTACTELOR — distanţa dintre centrele contactelor.	
DISTANŢA STATICĂ — distanţa minimă dintre două contacte în poziţie opusă.	
DISTANŢA DINAMICĂ — distanţa minimă dintre două contacte în poziţii opuse cînd este extrasă brusc placa imprimată.	
DIMENSIUNEA CONTACTULUI — defineşte dimensiunea maximă a firului conductor ce poate fi folosit cu contactul respectiv. Specificînd aceste dimensiuni se defineşte şi diametrul pinului de contact la capătul unde se inserează.	
ETANŞAREA CONEXIUNII — etanşarea unui conector pereche cu multe contacte în zona interfeţei, pentru a asigura etanşarea fiecărui contact. Acest lucru se realizează de obicei, dacă materialul ce înglobează contactele este elastic, la o jumătate sau ambele ale conectorului şi se comprimă cînd se conectează.	

ETANŞARE — un conector etanş este conector cu multe contacte înglobate în sticlă sau alte materiale.	
FORŢA DE INSERŢIE — rezistenţa maximă întîmpinată la introducerea unei plăci imprimate, sau forţa de inserţie a unui conector multiplicată cu numărul de conectori.	227—454 g
FORŢA NORMALĂ — Vezi forţă de contact.	
FIŞA — jumătatea de conector care se poate extrage din cealaltă care este fixată pe un suport (soclu).	Fig. 6.1.
FORŢA DE INSERŢIE ŞI SEPARARE A CONTACTELOR — forţa necesară pentru a apropia sau separa contactele. Sînt stabilite în general valorile maxime, medii şi minime ale forţei. Cîteodată, aceste forţe se măsoară nu numai la început, dar şi după un număr specificat de inserţii şi separări.	Inserţie 227—454 g (max) Separare: 28—142 g/min
FORŢA DE SEPARARE — forţa necesară separării a două contacte.	
FORŢA DE CONTACT — (forţa normală) — forţa exercitată de lamela de contact pe suprafaţa plachetei imprimate în direcţie perpendiculară.	50 g (min) 160 g (max)
INTERCONEXIUNE DE NIVEL 1 — în general, conexiunea componentelor la placa imprimată.	
INTERCONEXIUNE DE NIVEL 2 — în general, interconexiunea dintre plăcile imprimate şi alte elemente ale sistemului.	
INTERFAŢA — două suprafeţe în contact.	
JACKSCREW — şurub special ataşat uneia din jumătăţile unui conector pereche cu multe contacte, folosit pentru inserţia şi separarea părţilor.	Fig. 6.59.
PLACA-FUND DE SERTAR — este sistemul de interconexiune şi susţinere cu ajutorul căruia se realizează interconexiunea de nivel 2 dintre plăcile imprimate. Se pot folosi pentru acest scop panourile în care se montează conectori de capăt, care la rîndul lor se interconectează cu fir conductor sau plăci imprimate numite adesea „plăci mamă“ sau o combinaţie a acestora.	Fig. 6.1.
REZISTENŢA DE STRÎNGERE — acea parte a rezistenţei de contact, măsurată în ohmi, care se datorează calităţii contactului dintre suprafeţele de contact.	
REZISTENŢA DE CONTACT — suma dintre rezistenţa globală şi rezistenţa de strîngere. De obicei se specifică valoarea maximă.	10 Ω max.

RETENȚIA CONTACTULUI — definește încărcarea axială minimă în orice direcție pe care trebuie să o suporte un contact fără a se deplasa din poziția normală.	4 530 g (10 lb) 2 754 g (5 lb) după zece inserții
REZISTENȚA GLOBALĂ — acea parte a rezistenței de contact, măsurată în ohmi, care se datorește lungimii, secțiuni și caracteristicilor materialului.	
SOCLU — de obicei partea fixă a unui conector pereche cu multe contacte (jumătatea care se montează de obicei pe panou.	Fig. 6.1.
SUPORT METALIC DE CONECTOR — o metodă de montare și interconectare a conectorilor și altor componente. Constă dintr-o placă metalică pe care se montează un conector de capăt sau elemente discrete de contact, izolate, și diverse elemente de legătură.	
TENSIONARE — este forța inițială care apare în lamelele de contact cînd sînt montate într-un conector de capăt și care: (a) asigură o distanță dinamică pozitivă între contacte opuse și (b) asigură o forță de contact suficientă pentru a îndepărta sau trece prin peliculele contaminante de pe suprafețele de contact.	

Bibliografie

1. G. Taquet, *Wrapped Solderless Connections and Applications* Gardner-Denver Co., Report No. P14/12E, Dec. 1968.
2. *Flexible Circuit Cable Design Guide Teledyne Electro-Mechanism,* Noshua, New Hampshire.
3. R. L. Zielasko, *Internepcon Proceedings* 1968. A.P.C.B. connector design that exploits a central bussing concept Bendix Corp.
4. A. Fairweather, F. Lazenby, A. Parker, I.E.E. Paper No. 3789E „Long-life Low-voltage Contacts“, *Institution of Electrical Engineers,* February 1962.
5. N. E. Denison, Modular Constructions „Mounting and Connection Techniques“, Morgan-Grampion Ltd., *Electronic Data Library,* Volume 5, 1969.
6. M. H. Lloyd and R. W. Pearce, Design Engineering Guide „Electrical Connectors“, *Product Journals Ltd. 1968.*
7. P. A. Clayton, *Electronic Components „Ribbon Cables“,* United Trade Press Ltd., 8.1.71.
8. „Solderless wrapped electrical connections“, D.G. 5029, *H.M.S.O.* June 1965.
9. T. L. Price, *Automation U.S.A.* „Economics of Wire Termination“ Volume 15, pt9, pp. 70—74, September 1968.
10. Burndy Corp., „Testing the Reliability of Electric Contacts“ Report No. 82, Oct. 1969.
11. Burndy Corp., „Gold plated contacts-effects of substrate roughness on Reliability“. Report No 82, October 1969.
12. J. Marshall, „Flat Cable Applications in the Signal Transmission Line Field“. *Ansley Electronics, Report E9, March 1968.*

7

PROCESUL DE FABRICAȚIE AL PLĂCILOR CU CIRCUITE IMPRIMATE

C. A. Markwick

Introducere în definirea plăcilor cu circuite imprimate

Plăcile utilizate în mod curent în sistemele de afișare a datelor și de prelucrare a datelor pot fi proiectate să poarte circuite din folie corodată monofață sau dublufață și să utilizeze plăcile multistrat, cu găuri metalizate străpunse, fiind construite din material rigid.

Circuitele flexibile descrise în cap. 6 sînt utilizate pentru a înlocui metoda convențională de conectare a componentelor — metoda cablării punct cu punct — pentru panourile de control și alte blocuri similare iar cablajul flexibil poate să înlocuiască diversele forme de cablu pentru interconectarea blocurilor și a suporturilor de circuite imprimate din dulapurile și consolele echipamentelor.

Plăcile monofață care se produc la un preț de cost mai redus se folosesc în cazul în care sînt întîlnite în mod satisfăcător următoarele condiții:

a) densitatea de componente și/sau de rețea conducătoare de cupru, mică;

b) temperatura de funcționare a componentelor joasă;

c) nu există cerințe de ecranare pentru radio-frecvență.

În cazul în care condițiile de mai sus nu sînt satisfăcute, o placă dublu față, utilizînd conexiuni cu fire sau capse, ca o metodă de conectare a unei fețe la alta se va dovedi a fi o alternativă satisfăcătoare. Decizia de a utiliza acest tip de placă față de o placă cu găuri străpunse metalizate este desigur influențată de preț. Nu numai inserția de capse sau efectuarea conectorilor cu fire și lipirea pe ambele fețe ale plăcii (operație care se face în mod obișnuit manual) dar de asemenea examinarea calității conexiunilor înainte ca alte componente să fi fost fixate, va urca prețul global deasupra celui a unei plăci similare fabricate printr-o metodă cu găuri metalizate străpunse. Factorul determinant este invariabil, numărul cerut de interconexiuni ca și densitatea componentelor.

O placă dublu față cu conexiuni prin găuri metalizate străpunse oferă o suprafață mai mare pentru montarea componentelor de cît tipul dublu față, utilizînd conexiuni cu sîrmă sau capse. Acest lucru este datorat necesității de a asigura un inel de cupru adecvat în jurul capului fiecărei capse la care se face conexiunea lipită. O capsă avînd o gaură centrală pentru a accepta terminalul unui component cu un diametru de 0,5 mm va necesita o pastilă terminală cu un diametru de minim 2,5 mm și o gaură de 1,5 mm, pe cînd o gaură metalizată străpunsă pentru a accepta același terminal de component va necesita o gaură de 0,7 mm și o pastilă terminală de 1,2 mm spre a oferi un inel de lipire similar.

Plăcile multistrat permit o densitate mai mare a componentelor pe unitatea de suprafață în comparație cu o placă dublu față de aceeași mărime deoarece primele permit încorporarea de interconexiuni conductoare scurte cu încrucișări pe alt strat. Plăcile multistrat sînt uneori folosite pentru cablarea frontală a sertarelor cu plachete, dar dezavantajul acestei tehnici rezidă în imposibilitatea de a face schimbări în circuite, cînd această necesitate apare, ca și în dificultatea înlocuirii și posibilitatea de a deteriora placa care poate surveni la eventuala schimbare a unui conector.

Mărimea unei plăci va fi impusă de totalitatea circuitelor electrice necesare și de proiectul mecanic al blocului în care se va monta placa. Plăcile mai mari de 300 cm² în mod normal necesită un suport mecanic atît pentru a preveni sau a reduce la minim scorojirea cît și în special în cazul cînd se propune ca acestea să fie susținute numai de către muchii.

Alte considerații care urcă prețul plăcilor mari în mod disproporționat, includ costul sculelor, a dispozitivelor de fixare și prindere necesare în timpul fabricației ca și posibilitatea de deteriorare a componentelor sau a conexiunilor lipite apărute ca rezultat al vibrațiilor din timpul transportului.

Placarea electrică a cuprului

Procesul de placare electrică a cuprului poate utiliza electrolitul de tip sulfat de cupru, de tip pirofosfat sau de tip floroborat. Revendicările producătorilor care ridicau în slavă virtuțile unei anumite soluții deasupra celorlalte au fost subiect de discuții ani în șir.

Soluțiile pirofosfatice dau o ușoară îmbunătățire a puterii de pătrundere față de o baie cu acid sulfuric.

Ambele tipuri au avantaje și dezavantaje iar alegerea poate fi influențată considerînd secvențele detaliate ale procesului utilizat și de cerințele față de produsul finit.

Cerința generală pentru plăcile cu găuri metalizate străpunse este ca grosimea peretelui din cupru a găurii să fie la minimum 0,025 mm.

Pentru a realiza aceasta, soluția de depunere trebuie să aibe o putere de pătrundere potrivită altfel va rezulta o depunere prea groasă pe suprafața plăcii ceea ce va prezenta probleme la procesele următoare de finisare ale plăcii.

Următoarea considerație privește ductilitatea depunerii. Soluției de placare i se adaugă aditivi organici nu numai pentru a ajusta puterea de pătrundere dar și pentru a nivela și netezi depunerea, aceștia au însă și un efect nedorit asupra proprietăților de tensionare a depunerii.

O depunere dură, casantă și puternic tensionată poate rezulta dintr-o soluție în care s-a adăugat o mare cantitate de agent de nivelare. Se poate ajunge la un nivel de tensionare inacceptabil, în special la periferia găurii și cum s-a demonstrat se poate produce o ruptură în această zonă atunci cînd se lipește pe placă un component. Coeficientul termic de dilatare al plăcii din fibra de sticlă și rășină epoxidică este de aproximativ patru ori mai mare decît al cuprului. Se poate produce o crăpătură sau, și mai grav, o ruptură între conductorul de suprafață și „tubul" placat în gaură datorită neputinței cuprului placat puternic tensionat să reziste la tensiuni adiționale, impuse de către temperatura ridicată din timpul operației de lipire.

Proprietățile mecanice tipice ale cuprului pur și cuprului placat sînt arătate în tabela 7.1 fiind luate din „Copper and Copper Alloy Plating" (bibl. 1).

Tabela 7.1

Baia	Duritatea Vickers	Alungirea procentuală la 20°C	Rezistența la întindere Kgf $\times 10^3$ cm^2
Sulfat de cupru	40—85	15—40	2,3—4,7
Sulfat de cupru cu aditivi	80—180	1—20	4,8—6,3
Pirofosfatică	160—190	1—10	—
Fluorboratică	40—75	6—20	1,2—2,8
Fluorboratică cu aditivi	62—71	6—11	1,9—2,1
Cupru pur necopt	40—50	50—60	0,9—1,2

Următoarea cerință a procesului de placare a cuprului este legată de uniformizare sau nivelare a depunerii pe întreaga suprafață a ambelor straturi ale plăcii. Din cauza neuniformității cîmpului electric, metalul depus printr-un proces electrolitic are întotdeauna tendința de a se îngroșa mai mult spre muchiile exterioare de cît în centrul plăcii. Acest defect este mai puțin supărător la plăcile placate cu un desen de cît pe plachetele placate pe toată suprafața la care, în ultimul caz, grosimea neuniformă a metalului adaugă noi probleme unei corodări de precizie.

Rezistența specifică electrică a cuprului pur este 1 728 microohmi cm^2/cm. Cuprul placat, în funcție de soluție și aditivii utilizați poate varia pînă la 290 microohmi cm^2/cm. Acest factor trebuie să se ia în considerare cînd se calculează rezistența conductorilor sau a „tuburilor" placate ale găurilor străpunse.

Materialele pentru plăcile rigide cu circuite imprimate

Pentru tipul de plăci rigide cu circuite imprimate materialul izolator de bază care formează suportul pentru rețeaua conductoare, este făcut din rășini sintetice suportate de/sau întărite prin foi de hîrtie sau textura din sticlă.

Plăcile sînt fabricate printr-un proces de laminare în care hîrtia sau textura din sticlă sînt impregnate cu rășină și fixate împreună prin căldură și presiune.

Materialele bazate pe hîrtie sînt produse folosind drept liant rășini fenolice sau epoxidice, dar în Marea Britanie producătorii s-au orientat spre materiale fenolice.

În categoriile de materiale bazate pe hîrtie-rășină fenolică cel mai larg utilizat este hîrtia celulozică, iar îmbunătățirea proprietăților electrice se obține întrebuințînd hîrtia din reziduri de bumbac. În general îmbunătățirea proprietăților electrice se face în detrimentul rezistenței mecanice.

Materialele bazate pe hîrtie-rășină fenolică au fost timp de mulți ani utilizate cu succes în fabricarea plăcilor cu circuite imprimate atît pentru necesități comerciale cît și militare, dar datorită rezistenței lor mai slabe la chimicale apare în prezent o orientare în favoarea materialelor bazate pe sticlă-rășină epoxidică în special în cazul proceselor de placare a găurilor străpunse. Oricum materialele bazate pe hîrtie-rășină fenolică sînt potrivite pentru plăcile cu circuite imprimate cînd pot fi satisfăcute următoarele condiții:

a) temperatura de funcționare maximă 105°C;

b) nu sînt cerințe de frecvență înaltă (sub 10 MHz);

c) densitatea minimă a componentelor pentru a permite utilizarea unui spațiu maxim între conductori prevenind astfel formarea arcului electric;

d) se admite toleranța la un înalt procentaj de umezeală (vezi tabela 7.2);

e) nu se supune unui impact masiv, șocului sau vibrațiilor.

Deși sînt posibile cîteva moduri de poansonare la rece, o îmbunătățire a prelucrabilității mecanice se poate face prin preîncălzire. Materialele bazate pe hîrtie-rășină epoxidică utilizate intens în S.U.A. oferă avantajul proprietăților mecanice și electrice îmbunătățite față de materialul hîrtie-rășină (r) fenolică și au un preț doar ceva mai mare decît cele mai bune calități ale hîrtiei fenolice.

Materialele armate cu sticlă (as) sînt obținute prin impregnarea unei țesături din sticlă cu una din următoarele substanțe: rășină epoxidică, rășină siliconică, P.T.F.E. (politetrafluoretilenă), poliester, sau melamină, legîndu-le împreună prin aplicarea temperaturii și presiunii.

Tabela 7.2

Proprietățile tipice ale materialelor pentru suport rigid

Proprietatea	hîrtie r. fenolică	hîrtie r. epoxidică	Sticlă r. epoxidică	Sticlă PTFE	Sticlă r. siliconică
Tensiunea superficială cm (lățime)-newtoni inch (lățime)-lb	10,5 (6)	12,3 (7)	14,0 (8)	14,0 (8)	8,8 (5)
Rezistența la lipire (încălzire)	10 secunde la 230°C	10 secunde la 260°C	30 secunde la 260°C	60 secunde la 260°C	10 secunde la 260°C
Efectul soluțiilor la placare	Acceptă puține tipuri de soluții	Neafectat	Neafectat	Neafectat	Neafectat
Temperatura maximă de lucru	105°C	120°C	150°C	225°C	200°C
Absorbția de apă în % într-o grosime de material de 1,6 mm (0,062 inch)	0,75—1	0,4	0,02—0,04	0,02	0,08
Poansonare și prelucrări mecanice	Sînt disponibile puține tipuri care pot fi poansonate la rece	Satisfăcător la rece	Satisfăcător la rece	Dificil la rece	Necesită tehnici speciale
Rezistența electrică a izolației megohmi	2×105	5×10^5	5×10^5	10^5	10^4
Permitivitatea la 1 MHz	4,8	4,5	5,2	2,8	3,8
Tangenta unghiului de pierderi la 1 MHz	0,040	0,035	0,020	0,0015	0,003
Rezistența la îndoire kgf/cm^2 (lb.f/m^2)	1 400 (20 000)	1 500 (22 000)	4 200 (60 000)	700 (10 000)	1 400 (20 000)

Materialele a.s. pe baza de r. epoxidică sînt utilizate în mod obișnuit datorită marii lor rezistențe la atacul chimic ceea ce face ca ele să fie potrivite pentru procesul de metalizare a găurilor străpunse. Specificațiile britanice și americane menționează cerințe pentru două calități de bază ale materialelor sticla-rășina epoxidică:

a — acelea care sînt ușor prelucrate mecanic și poansonate, cu o temperatură de funcționare de maxim 125°C;

b — acelea care lucrează la o temperatură maximă de funcționare de 150°C și care necesită în mod normal înaintea poansonării o preîncălzire.

Prețul materialelor bazate pe sticlă-r.epoxidică este cuprins între de patru sau de cinci ori prețul tipurilor de hîrtie-r.fenolică de înaltă calitate.

Materialele bazate pe sticla-r.siliconică sînt folosite numai în cazul în care se cere ca factorii de pierderi electrice să fie mai mici decît cei obișnuiți la materialele sticlă-r.epoxidică în special deoarece rezistența lor mecanică este mai mică decît a materialelor bazate pe sticlă-r.epoxidică, legătura între cuprul și materialul de bază slabă, iar materialul nu este potrivit pentru procesul de metalizare a găurilor străpunse. Prețul lor este de aproximativ șase ori mai mare decît cel al materialelor din hîrtie-r.fenolică de bună calitate.

Celelalte trei combinații cu rășini respectiv PTFE, poliester și melamină cînd sînt laminate cu textură din sticlă oferă condiții electrice și de funcționare îmbunătățite.

Materialul bazat pe sticla-PTFE poate fi supus în funcționare la temperaturi depășind 170°C, dar datorită prețului ridicat, aproximativ de patrusprezece ori prețul hîrtie-r.fenolică, folosirea lui în plăci rigide este limitată la sisteme cu blocuri de destinație specială asociate, de exemplu, la sistemele mobile de apărare care lucrează într-un mediu sever.

În comparație cu materialele arătate anterior, materialele bazate pe sticla-poliester au proprietăți electrice similare dar o rezistență mecanică mai mică în comparație cu acelea care utilizează o bază din sticlă-r.epoxidică.

Materialele bazate pe sticla melaminată în prezent nu sînt larg utilizate fiind greu de poansonat sau prelucrat mecanic și avînd o temperatură de funcționare maximă de 130°C oferă puține avantaje față de materialele bazate pe sticlă-r.epoxidică.

Plachetele multistrat sînt confecționate în mod obișnuit din materialele bazate pe sticlă-r.epoxidică cu o grosime de la 0,08 mm la 0,32 mm și îmbrăcate cu o folie din cupru pe una sau ambele fețe. Materialul folosit pentru a lipi foile împreună se numește „prepreg". Acesta este de asemeni un material sticlă-r.epoxidică care este furnizat producătorilor, nepolimerizat, în grosimi între 0,012 mm la 0,036 mm.

Specificațiile britanice și americane prezintă standardele materialelor, atît pentru materialele bazate pe hîrtie-r.fenolică cît și sticlă-r.epoxidică pe care producătorii le întîlnesc, în tabelele cărora fiind date informații definitorii.

Materialul pentru plăci rigide, altul decît multistrat, poate fi furnizat într-un domeniu de grosimi variind de la 0,79 mm la 4,7 mm, neîmbrăcat sau îmbrăcat cu o folie de cupru pe o față sau ambele. O grosime obișnuit utilizată este cea de 1,58 mm, toleranța în jurul specificațiilor fiind de ±0,2 mm. Folia de cupru este indicată prin greutatea pe unitatea de suprafață, dînd nivelele de grosime de 0,035 mm, 0,07 mm și 0,1 mm cu o toleranță de plus 0,012 mm, minus 0,005 mm.

Înainte de laminare folia de cupru este tratată pe una din feţe pentru a se produce un film de oxid care îmbunătăţeşte legătura cuprului cu materialul de bază. În cazul fabricării diferitelor sorturi de materiale fenolice, folia de cupru este acoperită cu un adeziv dintr-o răşină de un tip diferit după care cuprul este lipit la materialul de bază laminat anterior, pe cînd la tipurile cu r.epoxidică cuprul este acoperit cu aceeaşi răşină ca şi cea folosită pentru materialul de bază.

Atît grosimea şi toleranţele cuprului cît şi cele ale materialului de bază sînt mărimi importante. Toleranţa grosimii de cupru este de considerat în timpul procesului chimic iar grosimea materialului de bază este de mare importanţă la introducerea plachetei finite în conector. Alegerea de către proiectant a materialului se face luînd în consideraţie:

a) cerinţele proiectării electrice;
b) cerinţele proiectării mecanice;
c) cerinţele fabricaţiei.

Specificaţiile de material şi testarea

Specificaţiile de material indică încercările la care se supun materialele la recepţia lor de la producători. Cînd se consideră că materialele sînt potrivite pentru respectivele metode de fabricaţie, acestea variind de la un producător la altul, mostrele prelucrate trebuie să treacă testele menţionate în specificaţii.

Următoarele încercări stabilesc degradările proprietăţilor materialelor şi determină gradul în care ele sînt potrivite pentru procesul de fabricaţie specific.

a) Măsurătorile rezistenţei electrice superficiale făcute după ce mostra a fost supusă condiţionărilor de mediu. Asemenea probe sînt destinate indicării scurgerilor dintre conductori datorate unor resturi de chimicale pe suprafaţă ca şi absorbţiei de apă sau chimicale de către materialul de bază, un parametru de cea mai mare importanţă pentru proiectant;

b) Probele de rezistenţă la tensiune electrică, legate de asemenea de măsurările rezistenţei electrice superficiale, au aceeaşi importanţă pentru proiectant.

c) Testele de cojire şi exfoliere, făcute după un şoc termic şi operaţii de lipire repetate sînt destinate să indice reducerea adeziunii cupru-bază după prelucrare.

Valorile mai proaste, pentru cojire şi exfoliere, decît cele arătate în specificaţii pot să indice faptul că chimicalele utilizate în prelucrarea materialelor au atacat adezivul sau răşina materialului de bază. Asemenea măsurări sînt evidente în privinţa modului în care plachetele vor funcţiona după ce componentele vor fi fixate.

d) Probele de „scorojire, arcuire şi răsucire" sînt importante deoarece materialele de compaundare sînt supuse la astfel de defecte cînd după corodarea cuprului apare o descărcare a tensiunilor. Scorojirea este mai marcată cînd pe o placă prelucrată rămîn suprafețe mari de cupru pe o față, iar pe cealaltă față rămîne cupru puțin. Este limpede că scorojirea afectează o corectă cuplare a plachetei printr-un soclu de interconectare.

e) Defecte ale rășinii în special la cele asociate materialelor de bază din sticla-r.epoxidică pot consta în „pistrui“ care se identifică ca puncte albe, — steluțe — care apar ori în căile din cupru sau pe întreaga suprafață a plăcii după prelucrarea chimică sau șocul termic. Acest defect este, în mod obișnuit, cauzat de separarea firelor de sticlă din rășina de compaund datorată probabil unui conținut slab de rășină. Defectul nu este întotdeauna determinant pentru performanțele plăcii asamblate, aceasta însă trebuie să fie supusă încercărilor suprafeței și ale izolației după ciclul climatic, înainte de a fi acceptată.

Un conținut de substanțe volatile în exces apare în special la plăcile multistrat dar se poate ivi și la alte tipuri. Probele se pot face simplu prin cufundarea unei mostre sau unei bucăți decupate dintr-un material multistrat, după laminare, într-o baie de lipire. Dacă există un conținut de substanțe volatile în exces, în laminat vor apare bășicuțe evidente.

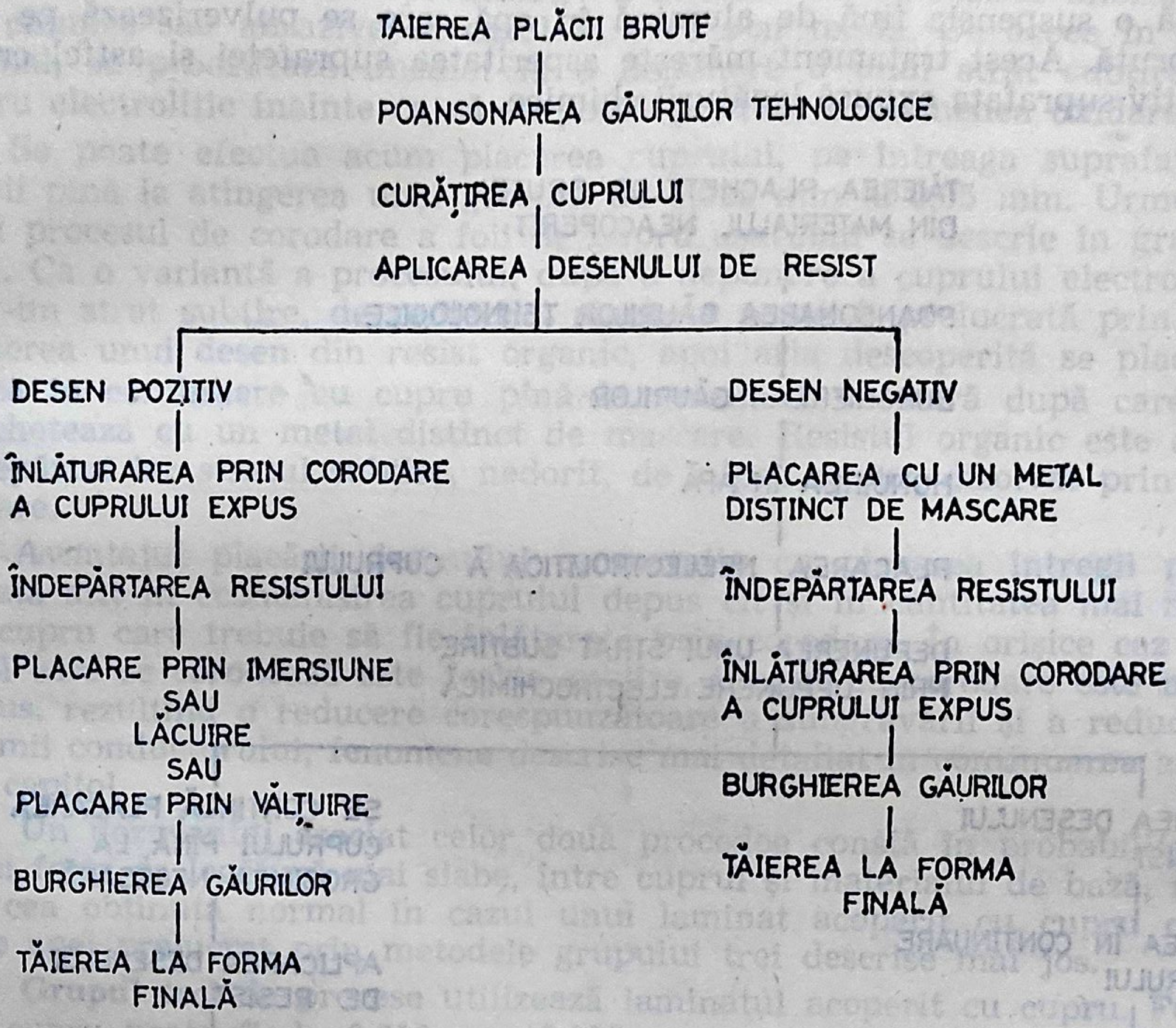
Procesele de fabricație

Procesele de fabricare a plăcilor cu circuite imprimate se pot clasifica în trei grupuri; primul care este cu totul diferit de celelalte două pe cînd ultimul rezultă ca o combinație dintre primele două procese.

Grupul unu este cunoscut ca procesul de corodare a foilor și este utilizat pentru a produce circuite mono sau dublu față, rigide sau flexibile sau straturile interioare ale plachetelor cu circuite imprimate multistrat. Procesul începe cu tăierea plăcii brute dintr-o foaie de material acoperit cu cupru, la o mărime ceva mai mare decît cea necesară pentru placheta finită. Sînt burgheiate sau poansonate găurile tehnologice în placa brută pentru a asigura nu numai alinierea desenului din resist suprapus dar și pentru operațiile următoare de prelucrare mecanică, ca de exemplu găurirea și profilarea. După o curățire a foii de cupru se depune, printr-una din metodele descrise mai departe în acest capitol, un desen din resist. Alegerea tipului de resist utilizat în acest stadiu va fi generată de conductorul necesar a fi obținut și de faptul dacă acest resist se înlătură înainte sau după corodare.

Ordinograma din fig. 7.1 ilustrează fazele în producerea unui desen din cupru prin corodare, ordinograma împărțindu-se în două căi distincte: una din care folosește drept resist un metal distinct de mascare obținut prin electroplacare pe cînd procesul celălalt utilizează un resist organic pentru procesul de corodare.

O placă dublu față produsă prin una din aceste metode necesită conexiuni din fire sau capse lipite la pastilele terminale spre a forma interconexiunile între cele două fețe opuse ale plachetei. Capsele sînt utilizate atunci cînd atît terminalul componentului cît și interconexiunile plăcii trebuie să ocupe aceeași gaură, pe cînd legăturile cu fire sînt utilizate numai cînd sînt necesare doar conexiuni de la o față a plăcii la alta. Capse și conexiuni cu fire sînt lipite în mod obișnuit manual, această operație este costisitoare și de aceea această metodă este utilizată numai cînd sînt de făcut puține conexiuni. Pentru mai multe interconexiuni se utilizează procesul de placare (metalizare) chimică a găurilor străpunse, așa cum este descris mai jos în grupul doi.


TAIEREA PLĂCII BRUTE
POANSONAREA GĂURILOR TEHNOLOGICE
CURĂȚIREA CUPRULUI
APLICAREA DESENULUI DE RESIST
DESEN POZITIV
DESEN NEGATIV
ÎNLĂTURAREA PRIN CORODARE A CUPRULUI EXPUS
PLACAREA CU UN METAL DISTINCT DE MASCARE
ÎNDEPĂRTAREA RESISTULUI
ÎNDEPĂRTAREA RESISTULUI
PLACARE PRIN IMERSIUNE SAU LĂCUIRE SAU PLACARE PRIN VĂLȚUIRE
ÎNLĂTURAREA PRIN CORODARE A CUPRULUI EXPUS
BURGHIEREA GĂURILOR
BURGHIEREA GĂURILOR
TĂIEREA LA FORMA FINALĂ
TĂIEREA LA FORMA FINALĂ

Grupul 1

Fig. 7.1. Ordinograma pentru o placă cu folie corodată.

Grupul doi cuprinde procesele în care sînt placate atît conductorii din cupru cît și găurile străpunse. Această metodă de prelucrare utilizează materialul izolator de bază neplacat cu cupru fiind ilustrată în fig. 7.2.

După ce materialul de bază se taie la dimensiunile brute, se face burgheierea sau poansonarea găurilor tehnologice de marcare placa se găureşte conform desenului cerut printr-una din metodele descrise mai departe în acest capitol. La acest stadiu este necesar a se pregăti suprafaţa laminatului pentru a asigura o bună adeziune între cuprul placat şi materialul de bază. Un procedeu mult folosit, honuirea în apă, utilizează o suspensie fină de alumină în apă care se pulverizează pe placă brută. Acest tratament măreşte asperitatea suprafeţei şi astfel creşte efectiv suprafaţa expusă legăturii chimice.

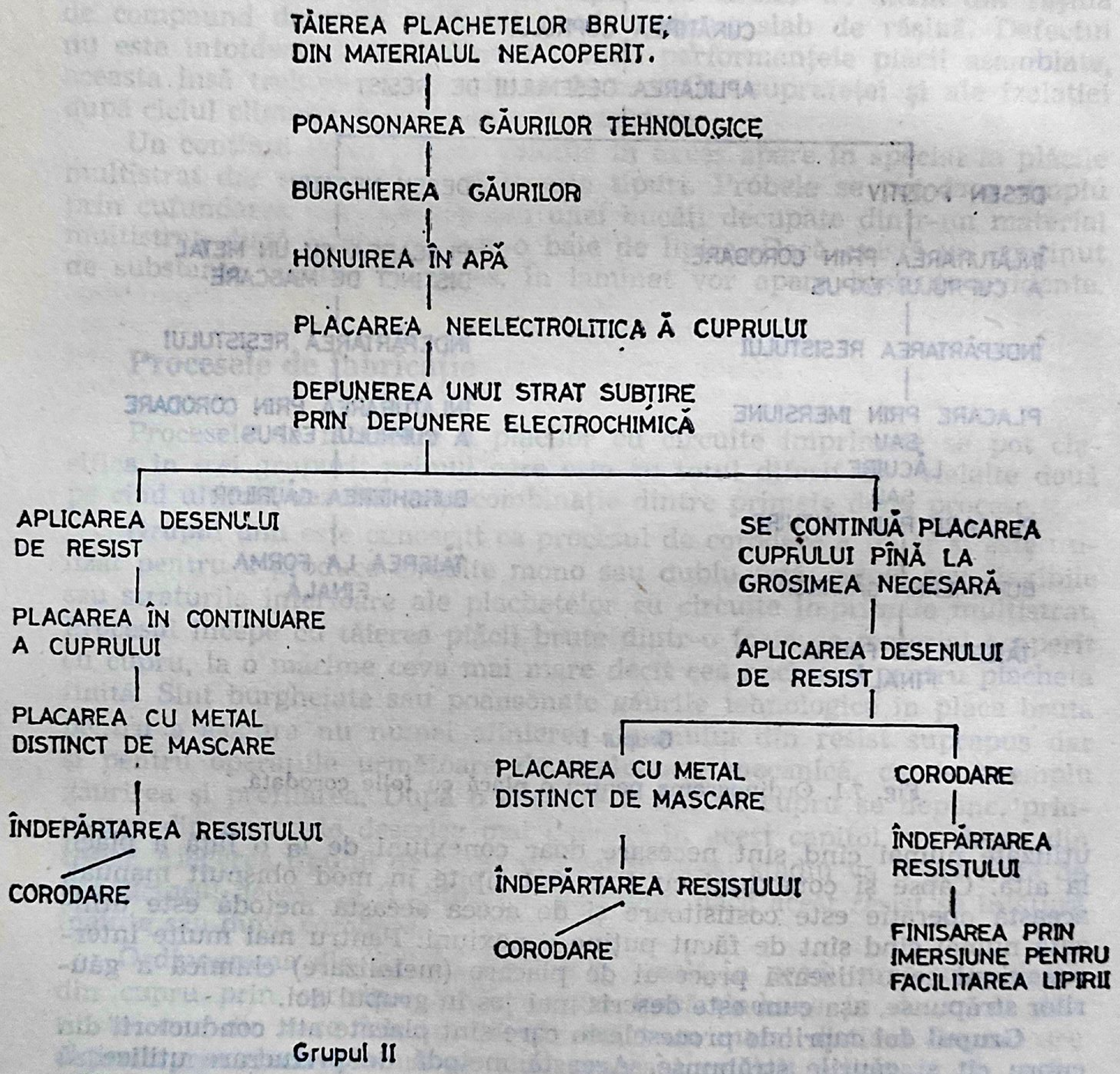

TĂIEREA PLACHETELOR BRUTE, DIN MATERIALUL NEACOPERIT.
POANSONAREA GĂURILOR TEHNOLOGICE
BURGHIEREA GĂURILOR
HONUIREA ÎN APĂ
PLACAREA NEELECTROLITICĂ A CUPRULUI
DEPUNEREA UNUI STRAT SUBȚIRE PRIN DEPUNERE ELECTROCHIMICĂ
APLICAREA DESENULUI DE RESIST
PLACAREA ÎN CONTINUARE A CUPRULUI
PLACAREA CU METAL DISTINCT DE MASCARE
ÎNDEPĂRTAREA RESISTULUI
CORODARE
SE CONTINUĂ PLACAREA CUPRULUI PÎNĂ LA GROSIMEA NECESARĂ
APLICAREA DESENULUI DE RESIST
PLACAREA CU METAL DISTINCT DE MASCARE
ÎNDEPĂRTAREA RESISTULUI
CORODARE
CORODARE
ÎNDEPĂRTAREA RESISTULUI
FINISAREA PRIN IMERSIUNE PENTRU FACILITAREA LIPIRII
Grupul II

Fig. 7.2. Ordinograma proceselor în cazul unui laminat neacoperit cu cupru.

Urmează o treaptă în întregime chimică care cuprinde prepararea chimică a suprafeței și crearea de nuclee sau „însămînțarea“ plachetei prin cufundarea ei într-o soluție de cloruri de staniu și paladiu. Acest tratament este urmat, după o spălare în apă pură, de o depunere a unui strat fin de cupru dintr-o soluție de placare autocatalitică. Această depunere de o grosime de aproximativ 2 microni nu va rezista unei curățiri chimice sau abrazive în cazul în care s-ar oxida. De aceea în mod normal, se procedează imediat la o depunere a unui strat subțire de cupru electrolitic înainte ca să se poată produce o asemenea oxidare.

Se poate efectua acum placarea cuprului, pe întreaga suprafață a plăcii pînă la atingerea unei grosimi de 0,025 mm la 0,05 mm. Urmează apoi procesul de corodare a foii de cupru așa cum se descrie în grupul unu. Ca o variantă a procesului, după o depunere a cuprului electrolitic într-un strat subțire, de protecție, placheta poate fi prelucrată prin depunerea unui desen din resist organic, apoi aria descoperită se plachetează în continuare cu cupru pînă la grosimea necesară după care se plachetează cu un metal distinct de mascare. Resistul organic este apoi îndepărtat iar stratul subțire, nedorit, de cupru expus, dizolvat prin corodare.

Avantajul placării desenului comparativ cu placarea întregii plăci constă atît în economisirea cuprului depus cît și în cantitatea mai mică de cupru care trebuie să fie înlăturată prin corodare. În orișice caz cuprul care se corodează este foarte subțire, timpul de corodare este mult redus, rezultînd o reducere corespunzătoare a subgravării și a reducerii lățimii conductorului, fenomene descrise mai detaliat în continuarea acestui capitol.

Un dezavantaj asociat celor două procedee constă în probabilitatea unei forțe de legătură mai slabe, între cuprul și materialul de bază, față de cea obținută normal în cazul unui laminat acoperit cu cupru care este apoi prelucrat prin metodele grupului trei descrise mai jos.

Grupul trei de procese utilizează laminatul acoperit cu cupru. Folia de cupru poate fi de 0,018 mm, 0,035 mm ori 0,07 mm grosime, depinzînd atît de următorul proces de placare care se va folosi cît și de grosimea necesară în final a cuprului.

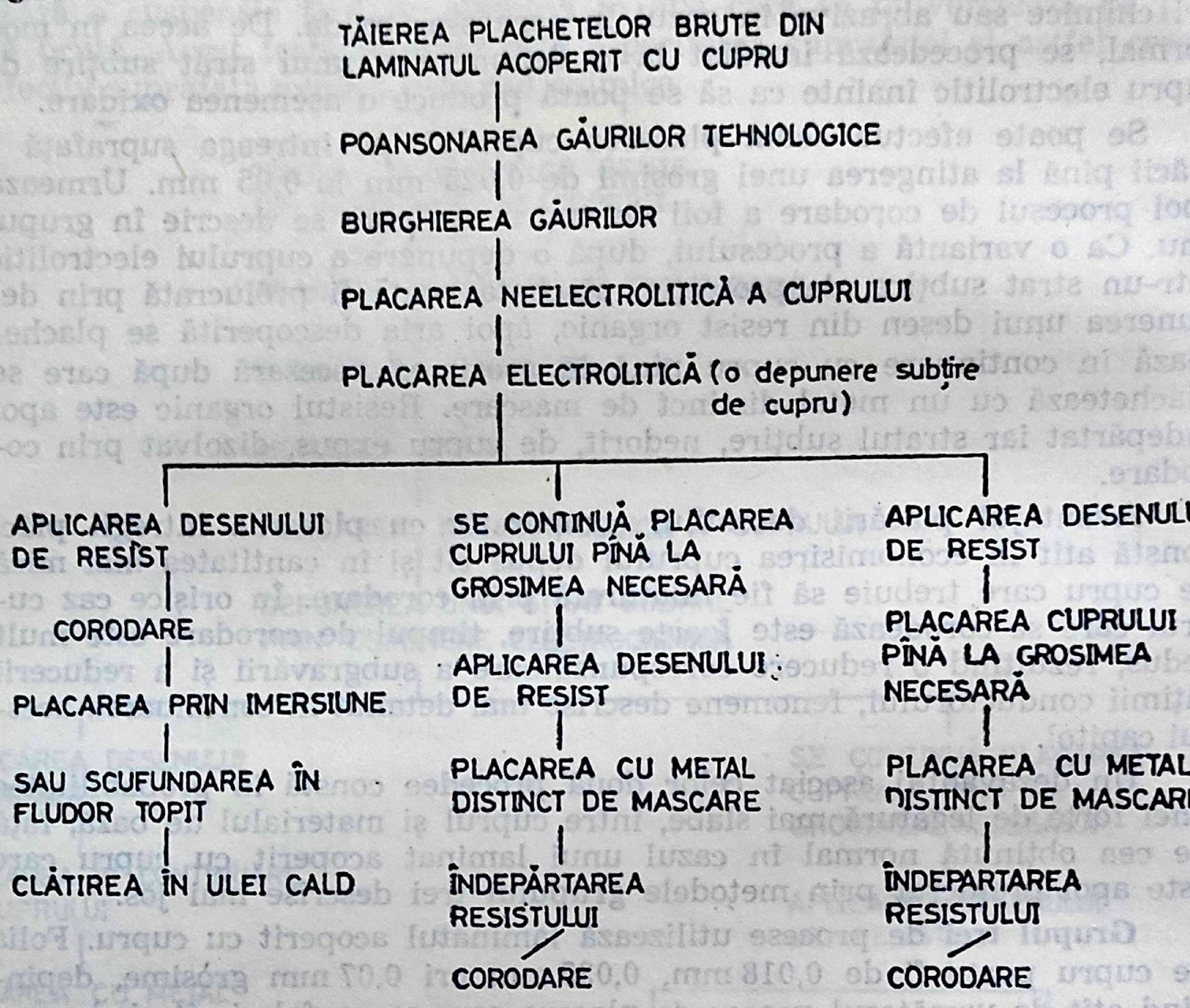
În cazul cînd se va placa un desen, o folie de cupru de 0,018 mm grosime prezintă avantajul că va duce la o cantitate mai mică de cupru înlăturat prin corodare. De asemeni rezultă o mai mică decupare inferioară a conductorilor ceea ce duce la o economie de timp, de cupru și în utilizarea soluției de corodare.

Fig. 7.3 arată trei procedee de prelucrare care utilizează laminatul acoperit cu cupru placat. Procedeele pentru depunerea neelectrolitică de cupru sînt similare celor utilizate în cele două grupuri anterioare, avînd în plus un proces suplimentar care constă într-o ușoară corodare a cuprului pentru a îmbunătăți adeziunea cuprului placat adițional.

Se pot utiliza următoarele metode alternative pentru a executa interconexiunile prin găuri străpunse, în cazul celor trei procedee descrise anterior:

a) procedeul „numai pentru găuri metalizate" — ca în fig. 7.4.

b) procedeul „numai pentru găuri și pastile terminale" — ca în fig. 7.5.


TĂIEREA PLACHETELOR BRUTE DIN LAMINATUL ACOPERIT CU CUPRU
POANSONAREA GĂURILOR TEHNOLOGICE
BURGHIEREA GĂURILOR
PLACAREA NEELECTROLITICĂ A CUPRULUI
PLACAREA ELECTROLITICĂ (o depunere subțire de cupru)
APLICAREA DESENULUI DE RESIST
CORODARE
PLACAREA PRIN IMERSIUNE
SAU SCUFUNDAREA ÎN FLUDOR TOPIT
CLĂTIREA ÎN ULEI CALD
SE CONTINUĂ PLACAREA CUPRULUI PÎNĂ LA GROSIMEA NECESARĂ
APLICAREA DESENULUI DE RESIST
PLACAREA CU METAL DISTINCT DE MASCARE
ÎNDEPĂRTAREA RESISTULUI
CORODARE
APLICAREA DESENULUI DE RESIST
PLACAREA CUPRULUI PÎNĂ LA GROSIMEA NECESARĂ
PLACAREA CU METAL DISTINCT DE MASCARE
ÎNDEPĂRTAREA RESISTULUI
CORODARE

Grupul III

Fig. 7.3. Ordinograma proceselor în cazul unui laminat acoperit cu cupru.

În cazul procedeelor „numai pentru găuri metalizate" se utilizează laminatul acoperit cu cupru de preferință cu o grosime de 0,035 mm a foliei de cupru. Găurile care se vor metaliza se găsesc în laminat după ce s-a făcut o primă acoperire a cuprului, pe întreaga suprafață, cu un film din resist. După aceea se face pe plachetă o depunere neelectrolitică pînă ce se depune un strat subțire de cupru pe pereții găurii și pe suprafața resistului. Cuprul care acoperă resistul este îndepărtat prin șlefuire și procesul continuă cu electroplacarea cuprului care se depune

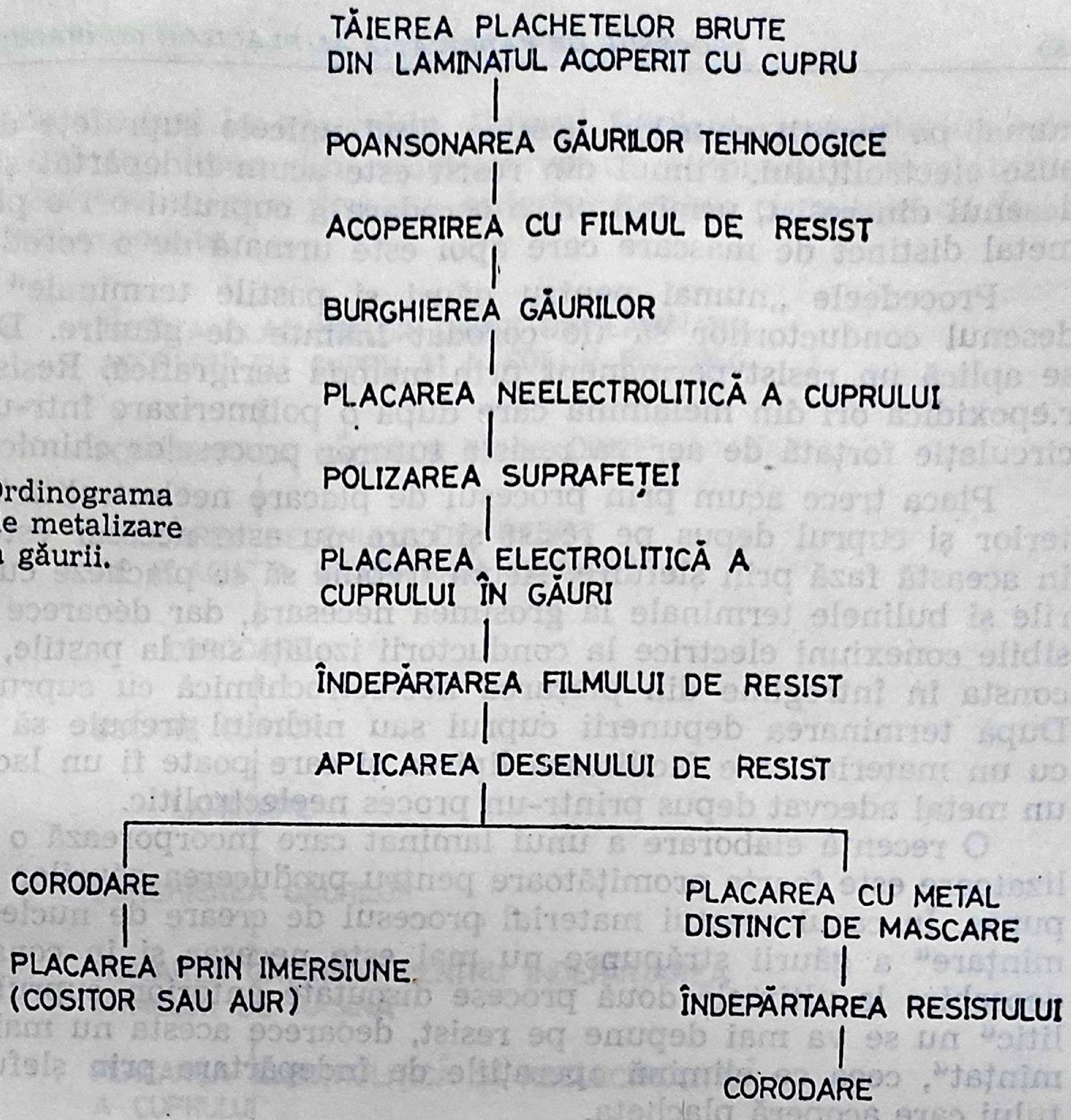

TĂIEREA PLACHETELOR BRUTE
DIN LAMINATUL ACOPERIT CU CUPRU
POANSONAREA GĂURILOR TEHNOLOGICE
ACOPERIREA CU FILMUL DE RESIST
BURGHIEREA GĂURILOR
PLACAREA NEELECTROLITICĂ A CUPRULUI
POLIZAREA SUPRAFEȚEI
PLACAREA ELECTROLITICĂ A
CUPRULUI ÎN GĂURI
ÎNDEPĂRTAREA FILMULUI DE RESIST
APLICAREA DESENULUI DE RESIST
CORODARE
PLACAREA PRIN IMERSIUNE
(COSITOR SAU AUR)
PLACAREA CU METAL
DISTINCT DE MASCARE
ÎNDEPĂRTAREA RESISTULUI
CORODARE

Fig. 7.4. Ordinograma proceselor de metalizare numai a găurii.

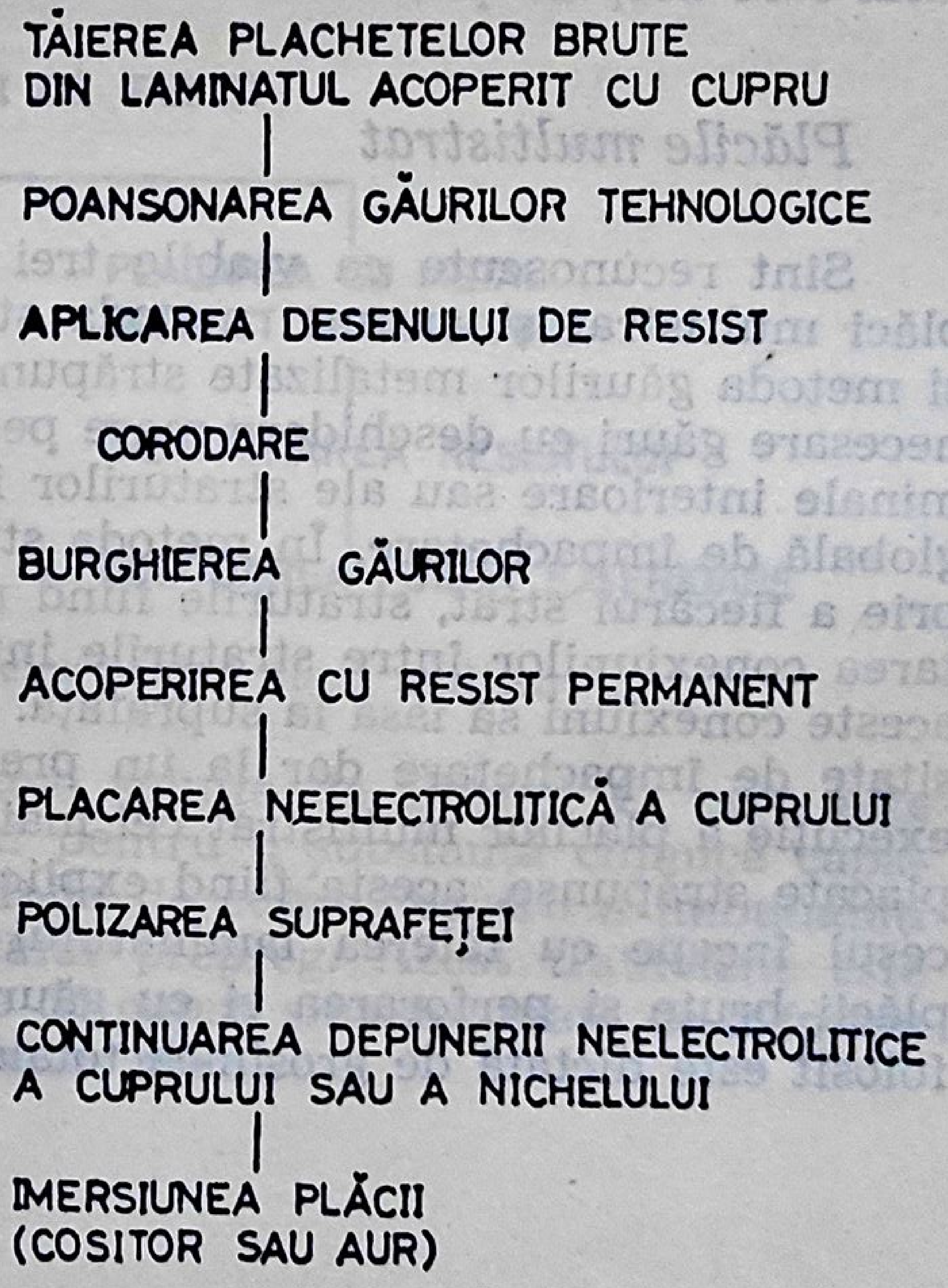

TĂIEREA PLACHETELOR BRUTE
DIN LAMINATUL ACOPERIT CU CUPRU
POANSONAREA GĂURILOR TEHNOLOGICE
APLICAREA DESENULUI DE RESIST
CORODARE
BURGHIEREA GĂURILOR
ACOPERIREA CU RESIST PERMANENT
PLACAREA NEELECTROLITICĂ A CUPRULUI
POLIZAREA SUPRAFEȚEI
CONTINUAREA DEPUNERII NEELECTROLITICE
A CUPRULUI SAU A NICHELULUI
IMERSIUNEA PLĂCII
(COSITOR SAU AUR)

Fig. 7.5. Ordinograma proceselor de metalizare numai a găurii și a pastilelor terminale.

numai pe pereţii găurilor, acestea fiind unicele suprafeţe de metal expuse electrolitului. Filmul din resist este acum îndepărtat şi înlocuit cu desenul din resist, urmînd ori o corodare a cuprului ori o placare cu un metal distinct de mascare care apoi este urmată de o corodare.

Procedeele „numai pentru găuri şi pastile terminale“ necesită ca desenul conductorilor să fie corodat înainte de găurire. După găurire se aplică un resist permanent prin metoda serigrafică. Resistul este din r.epoxidică ori din melamină care după o polimerizare într-un cuptor cu circulaţie forţată de aer va rezista tuturor proceselor chimice ulterioare.

Placa trece acum prin procesul de placare neelectrolitică descris anterior şi cuprul depus pe resist şi care nu este necesar este îndepărtat în această fază prin şlefuire. Acum trebuie să se placheze cu cupru găurile şi bulinele terminale la grosimea necesară, dar deoarece nu sînt posibile conexiuni electrice la conductorii izolaţi sau la pastile, procesul va consta în întregime din placarea neelectrochimică cu cupru sau nichel. După terminarea depunerii cuprul sau nichelul trebuie să fie acoperit cu un material care facilitează lipirea şi care poate fi un lac organic ori un metal adecvat depus printr-un proces neelectrolitic.

O recentă elaborare a unui laminat care încorporează o răşină catalizatoare este foarte promiţătoare pentru producerea găurilor placate străpunse. În cazul acestui material procesul de creare de nuclee sau „însămînţare“ a găurii străpunse nu mai este necesar şi în consecinţă, spre deosebire la ultimele două procese discutate anterior, cuprul „neelectrolitic“ nu se va mai depune pe resist, deoarece acesta nu mai este „însămînţat“, ceea ce elimină operaţiile de îndepărtare prin şlefuire a resistului care acoperă placheta.

Plăcile multistrat

Sînt recunoscute ca viabile trei metode de bază pentru a produce plăci multistrat şi anume: metoda structurală, metoda găurilor deschise şi metoda găurilor metalizate străpunse. În metoda găurilor deschise sînt necesare găuri cu deschidere mare pentru a asigura accesul la pastile terminale interioare sau ale straturilor interioare, ceea ce reduce densitatea globală de împachetare. În metoda structurală se utilizează placarea proprie a fiecărui strat, straturile fiind realizate astfel ca să permită executarea conexiunilor între straturile interioare fără a exista necesitatea ca aceste conexiuni să iasă la suprafaţă. Este astfel posibilă o mai mare densitate de împachetare dar la un preţ de cost mai ridicat. Procedeul de execuţie a plăcilor multistrat cel mai des utilizat este procedeul cu găuri placate străpunse, acesta fiind explicat mai jos şi arătat în fig. 7.6. Procesul începe cu tăierea laminatului acoperit cu cupru la dimensiunile plăcii brute şi perforarea ei cu găuri tehnologice. Grosimea laminatului folosit este dictată de grosimea totală admisă care evident este o funcţie a numărului de straturi în ansamblu. Cuprul fiecărui strat interior este curățat, se aplică un desen din resist urmat de o corodare, fiind utilizate aceleași procese ca cele descrise anterior pentru circuitele cu folia de cupru normal corodate.

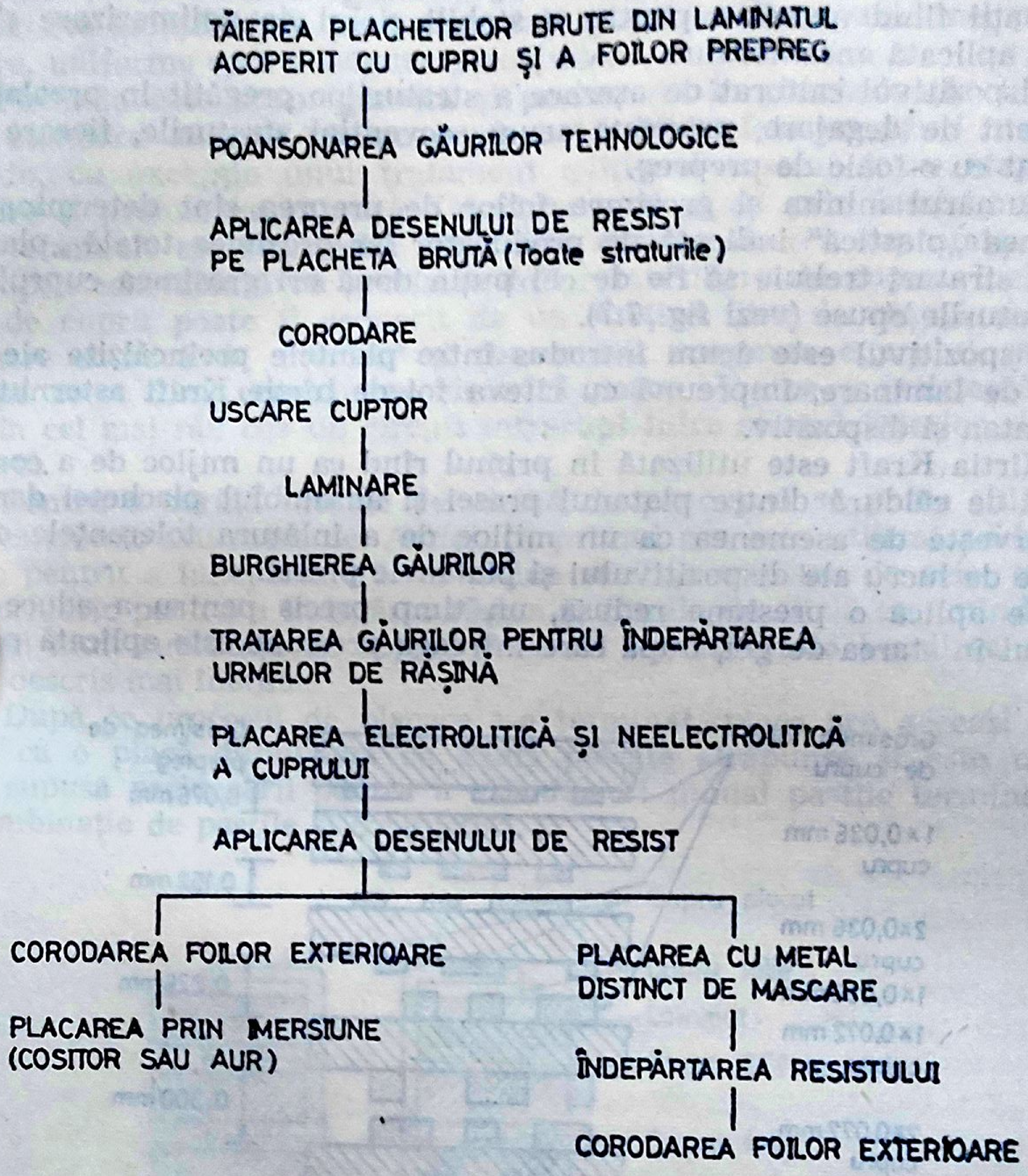

TĂIEREA PLACHETELOR BRUTE DIN LAMINATUL ACOPERIT CU CUPRU ȘI A FOILOR PREPREG
POANSONAREA GĂURILOR TEHNOLOGICE
APLICAREA DESENULUI DE RESIST PE PLACHETA BRUTĂ (Toate straturile)
CORODARE
USCARE CUPTOR
LAMINARE
BURGHIEREA GĂURILOR
TRATAREA GĂURILOR PENTRU ÎNDEPĂRTAREA URMELOR DE RĂȘINĂ
PLACAREA ELECTROLITICĂ ȘI NEELECTROLITICĂ A CUPRULUI
APLICAREA DESENULUI DE RESIST
CORODAREA FOILOR EXTERIOARE
PLACAREA PRIN IMERSIUNE (COSITOR SAU AUR)
PLACAREA CU METAL DISTINCT DE MASCARE
ÎNDEPĂRTAREA RESISTULUI
CORODAREA FOILOR EXTERIOARE

Fig. 7.6. Ordinograma proceselor pentru placa multistrat.

Acum straturile sînt tratate într-o soluție de Ebenol C, care este o marcă înregistrată a producătorului pentru o substanță chimică capabilă să producă un film de oxid pe folia de cupru, pentru a îmbunătăți adeziunea foliei de cupru la materialul prepreg. Acest tratament este esențial în special cînd mari suprafețe de cupru sînt destinate de a forma partea „sandviciului“ interior a straturilor plăcii.

Straturile corodate și tratate sînt acum uscate într-un cuptor cu circulație forțată de aer timp de una sau două ore și în perioada de așteptare materialul prepreg este tăiat la dimensiune și perforat cu găuri tehnologice complementare. Sînt de asemenea testate eșantioane din prepreg pentru a determina timpul de gelifiere și curgere a rășinii, aceste informații fiind necesare pentru a stabili ciclul de polimerizare și presiunea aplicată ansamblului.

Dispozitivul calibrat de așezare a straturilor pregătit în prealabil cu un agent de degajare, primește acum secvențial straturile, fiecare fiind alternat cu o foaie de prepreg.

Numărul minim și grosimea foilor de prepreg sînt determinate de grosimea „plastică" indicată de producător iar grosimea totală „plastică" dintre straturi trebuie să fie de cel puțin două ori grosimea cuprului de pe straturile opuse (vezi fig. 7.7).

Dispozitivul este acum introdus între plantele preîncălzite ale unei prese de laminare, împreună cu cîteva foi de hîrtie Kraft așternute între platan și dispozitiv.

Hîrtia Kraft este utilizată în primul rînd ca un mijloc de a controla fluxul de căldură dintre platanul presei și ansamblul plachetei dar hîrtia servește de asemenea ca un mijloc de a înlătura toleranțele dintre plăcile de lucru ale dispozitivului și platanele presei.

Se aplică o presiune redusă, un timp precis pentru a aduce prepreg-ul în starea de gel, după care întreaga presiune este aplicată pentru o perioadă de aproximativ 40 de minute, durata depinzînd de tipul materialului utilizat. O presiune, timp și temperatură, incorect aplicate în etapele inițiale vor duce la o slabă adeziune între straturi ca și la sărăcirea rășinii ceea ce în continuare poate da o scădere a constantei di

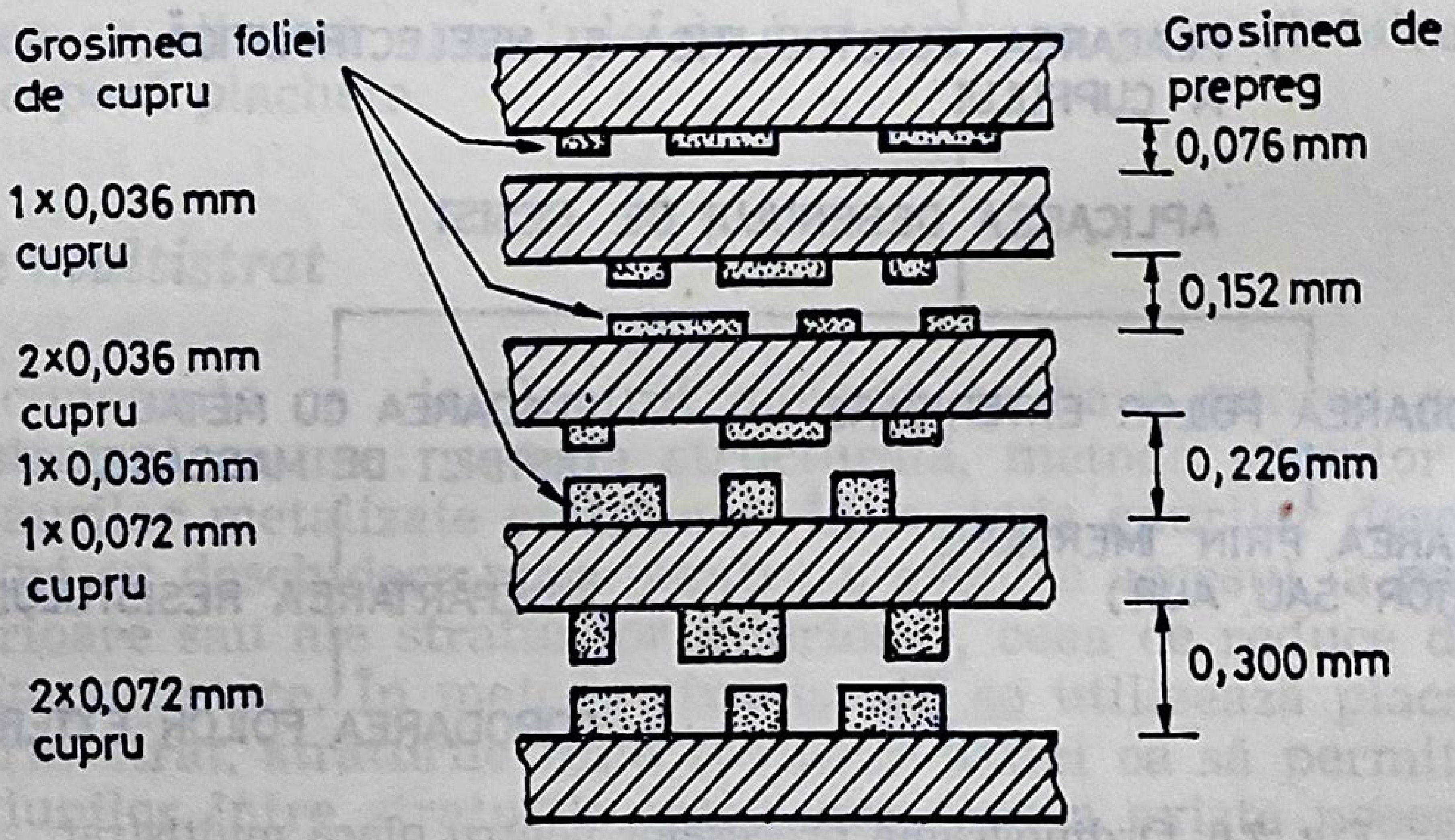


Fig. 7.7. Indicarea grosimii „plastice" de „prepreg" pentru diferite grosimi a foilor de cupru.

electrice a ansamblului plachetă. După răcire placheta este scoasă din dispozitiv și tot excesul de rășină este curățat.

Pentru a înlătura tensiunile inerente procesului de presare placheta este culcată pe o suprafață plană într-un cuptor cu aer forțat pentru aproximativ 45 de minute la 130 pînă la 140°C. Urmează o răcire lentă și placheta scoasă afară pe o suprafață plană va fi supusă unei presiuni ușoare, uniforme spre a asigura planeitatea.

Placheta este acum găurită și prelucrată în concordanță cu procedeul standard adoptat pentru o plachetă dublu față cu găuri străpunse placate, cu excepția unui tratament adițional inserat între etapele de găurire și prelucrare chimică. Găurirea unei găuri prin laminat și bulinele terminale ale straturilor interioare expune doar o suprafață subțire de cupru echivalentă cu grosimea foilor interioare de cupru. Inelul expus de cupru poate fi acoperit de un subțire film de rășină și deși o formare chimică de „nuclee“ și consecutiv, creșterea cuprului, va avea loc pe acest film, conexiunea electrică poate să aibe o rezistență mare sau în cel mai rău caz un circuit întrerupt între stratul interior și gaura placată.

Pentru a curăța urmele de rășină de pe cupru se poate utiliza un proces chimic sau mecanic. Astfel, în primul caz este utilizat acidul sulfuric pentru a îndepărta numai rășina sau un amestec de acizi sulfuric și florhidric pentru a îndepărta rășina și fibrele de sticlă expunînd astfel și mai mult suprafața de cupru. Procesul mecanic este honuirea cu apă deja descris mai înainte.

După ce procesul de placare s-a terminat, placa are aceeași înfățișare ca o placă dublu-față cu găuri placate străpunse și este necesar a fi supusă prelucrării pentru a executa ori numai pastile terminale ori o combinație de pastile și conductori.

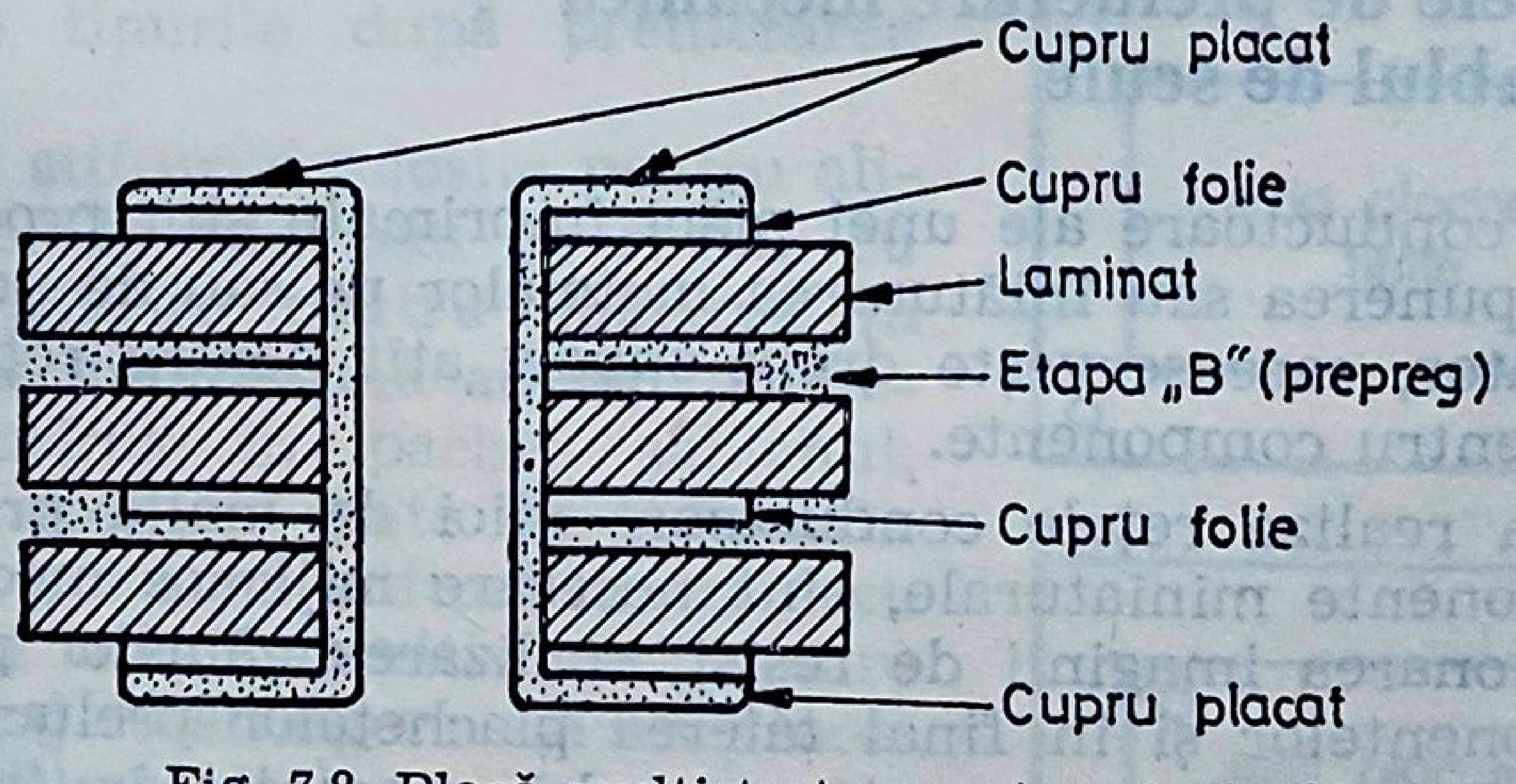


Fig. 7.8. Placă multistrat cu patru straturi.

Pentru a completa placa procesele urmează aceeași cale ca și acea utilizată pentru plăcile dublu-față cu găuri metalizate străpunse. Figura 7.8 prezintă reprezentarea schematică a unei secțiuni printr-o placă multistrat cu patru straturi în dreptul unei găuri metalizate străpunse.

Toate procesele descrise anterior sînt potrivite pentru a produce plăci care au lățimea de conductor și distanța între conductori de 0,5 mm sau mai mult. Cînd apare necesitatea de a utiliza conductori și distanțe între conductori de 0,25 mm sau mai puțin datorată tipului de component utilizat sau densității desenului, unele procedee vor prezenta probleme secției de fabricație a plăcilor. Toate procedeele care utilizează un metal distinct placat avînd rolul de resist, vor pierde din grosimea conductorilor, de fiecare parte a acestuia, echivalentul grosimii de cupru înlăturate prin corodare.

Procesele arătate în fig. 7.2 necesită înlăturarea prin corodare a unui strat de cupru foarte fin și de aceea duc la o pierdere mică în lățimea conductorului. Pe de altă parte procesele de supraplacare a conductorilor vor crește grosimea originală a desenului de resist, ceea ce va reduce distanța dintre conductori. Compensarea pierderilor dimensionale datorate corodării sau creșterii dimensiunilor, datorată supraplacării poate fi făcută de către desenatorul proiectant prin alegerea lățimii conductorului indicată în final pe film. Ca un corolar rezultă că nu se poate folosi același film pentru ambele procese.

Procesele arătate în fig. 7.5 au avantajul de a crea o pierdere foarte mică în lățimea conductorilor și diametrele pastilelor în timpul corodării. Găurile și pastilele terminale sînt placate printr-un proces neelectrolitic și este de așteptat o foarte mică creștere de grosime. În final o acoperire organică permanentă peste întreaga placă, cu excepția pastilelor terminale, va proteja circuitele de murdărire îmbunătățind în același timp rezistența de pierderi a căii. Se pot produce cu mare eficiență prin această metodă conductori de 0,2 mm și chiar de 0,125 mm.

Procedeele de prelucrare mecanică și ansamblul de scule

Rețelele conductoare ale unei plăci imprimate sînt produse în principal prin depunerea sau înlăturarea metalelor pe sau de pe un material de bază izolator, care servește drept suport atît pentru rețeaua conductoare cît și pentru componente.

Pentru a realiza rețele conductoare mici de înaltă precizie, cerute pentru componente miniaturale, sînt necesare mijloace mecanice precise pentru poziționarea imaginii de resist, realizarea găurilor pentru terminalele componentelor și în final tăierea plachetelor prelucrate la mărimea cerută. Primul dintre aceste procedee mecanice în fabricarea plachetelor se referă la tăierea din foaia materialului a plachetelor brute. În această etapă sînt rar cerute precizii mai mari de ±2 mm și, în mod normal, o ghilotină sau un fierăstrău circular, vor satisface necesitățile.

Etapa următoare constă în perforarea sau burghierea găurilor tehnologice în materialul de bază, poziția, numărul și precizia găurilor tehnologice fiind dictată de tipul şi precizia cerută de reţeaua conductoare. Figura 7.9 indică diferite configuraţii pentru găurile tehnologice, aşezarea din poziţia (a) fiind cea mai puţin precisă dar potrivită pentru o mare varietate de dimensiuni ale plachetei. Figura 7.9 (b) dă o înregistrare mai bună iar fig. 7.9 (c) cea mai bună metodă pentru prelucrarea cu scule dar aceasta din urmă restrînge gama de variaţii a dimensiunilor plachetei în afară de cazul cînd un şir de scule este utilizat pentru poansonarea atît a filmului cît şi a plăcii cu pierderi minime de materiale. Figura 7.9 (d) indică găurile tehnologice perforate în interiorul ariei de circuit sau de placă finită aceasta fiind o cerinţă pentru unele procese mecanice cum ar fi conturarea plăcii finite la dimensiune.

Procesele în care găurile tehnologice joacă un rol important sînt:

a) burghierea în pachet la prelucrarea plăcilor simplu sau dublu faţă;

b) pregătirea plăcilor brute dinaintea prelucrării chimice a plăcilor cu găurile placate străpunse;

c) depunerea desenului din resist pentru straturile plăcilor multistrat;

d) depunerea desenului din resist în potrivire cu plăcile cu găuri placate străpunse, prelucrate chimic şi pregăurite;

e) potrivirea şi lipirea straturilor plăcilor multistrat, găurirea straturilor lipite ca în poziţia (b) de mai sus şi depunerea desenului din resist ca în poziţia (d) de mai sus;

f) uzinarea finală şi profilarea plăcilor de toate tipurile după prelucrarea chimică.

Pinii sau ştifturile folosite pentru alinierea plăcilor la film sau în reglaj cu şablonul de găurire pentru găurirea în pachet, nu au întotdeauna acelaşi diametru. La găurirea în pachet şablonul, plăcile brute, foaia de spate (dacă aceasta se utilizează) pot avea ştifturi inserate cu ajutorul unui mic dispozitiv de presare dînd un ajustaj cu strîngere. La un proces fotomecanic filmul trebuie să se separe, de pe placa acoperită cu resist şi expusă, înaintea developării. Din acest motiv ştifturile trebuie să fie cu cîţiva microni mai mici decît găurile perforate în plachetă sau film, pentru a permite o uşoară sepa-

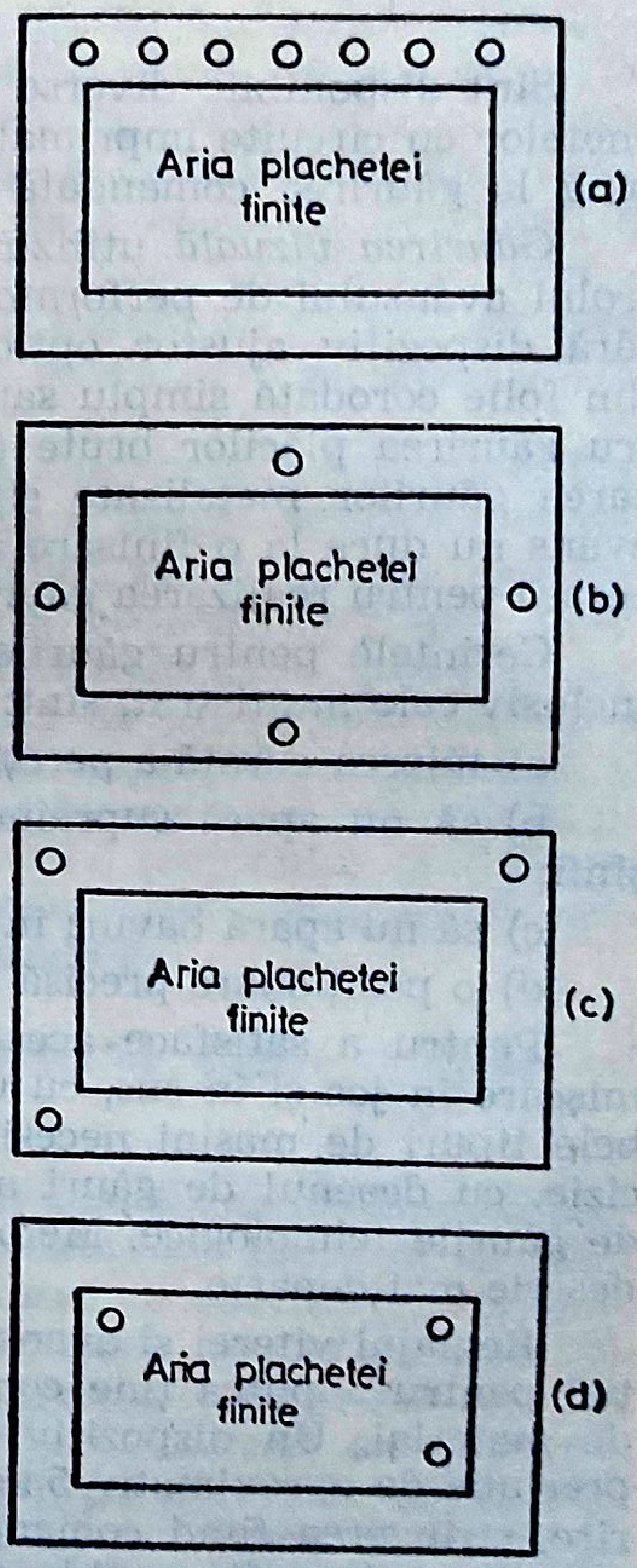


Fig. 7.9. Găuri tehnologice.

rare. Mărimea reducerii știfturilor trebuie să fie ținută la minim, exact cît este suficient pentru a permite o ușoară separare dar numai o foarte mică mișcare laterală între plachete și filme.

Proiectarea unui poanson pentru perforarea găurilor în film diferă de aceea pentru perforarea găurilor în placheta brută, deoarece în primul caz trebuie să se țină seamă de strîngerea laminatului după poansoane. Mărimea strîngerii variază în funcție de tipul laminatului, de exemplu materialul din fibră de sticlă-r.epoxidică are o contracție de aproximativ trei ori mai mică decît materialul bazat pe hîrtie r.fenolică.

Găurirea

Sînt disponibile diverse metode pentru tehnologia de găurire a plachetelor cu circuite imprimate, variind de la găurirea la ochi sau vizuală, pînă la găurirea comandată numeric, cu capete singulare sau multiple.

Găurirea vizuală utilizînd o mașină de găurire de banc și cu controlul avansului de perforatoare printr-un sesizor palpator deget, cu sau fără dispozitiv ajustor optic, este potrivită pentru găurirea circuitelor din folie corodată simplu sau dublu față, dar nu este satisfăcătoare pentru găurirea plăcilor brute care se utilizează în procesele pentru realizarea găurilor metalizate străpunse. Controlul manual al mărimilor de avans nu duce la o finisare adecvată a pereților laterali ale găurilor, necesară pentru realizarea găurilor metalizate străpunse.

Cerințele pentru găurile străpunse care vor fi placate în plachete, inclusiv cele multistrat, sînt:

a) tăierea curată a pereților laterali ai găuririi;

b) să nu apară supraîncălzirea, ceea ce va cauza o scurgere a rășinii;

c) să nu apară bavuri în folia de cupru;

d) o poziționare precisă a desenului găurii.

Pentru a satisface aceste cerințe se utilizează mașini de găurit cu mișcare în jos și în sus, cu un singur cap sau cu mai multe capete. Ambele tipuri de mașini necesită șabloane de găurit, confecționate cu precizie, cu desenul de găuri avînd toleranțele minime de poziționare față de găurile tehnologice. Metodele de a produce astfel de șabloane se vor descrie mai departe.

Reglajul vitezei și avansului burghiului este considerat ca fiind esențial pentru a putea ține cont de variațiile de diametru al burghiului și de material. Un dispozitiv pentru strîngerea pachetului de plăci cu o presiune de aproximativ 5 kgf/cm^2 este fixat pe timpul operației de găurire, strîngerea fiind comandată de un palpator care se va așeza într-o adîncitură (gaură) a șablonului de găurit (la o mașină de găurit cu o mișcare de jos în sus).

Maşinile trebuie să fie prevăzute cu pene de fixare şi mandrine de burghiu de mare precizie pentru a se asigura că burghiul este ţinut concentric şi traversează perpendicular placheta în timpul operaţiei de găurire. Orişice formă de abatere datorată unei alinieri proaste, a vîrfului de burghiu avînd o formă proastă sau fiind neascuţit, va da în placă superioară faţă de cele următoare, o găurire descentrată. În acest caz alinierea desenului de resist, în limita toleranţelor strînse admise cerute în procesul de placare a găurilor străpunse, va fi imposibilă. Funcţia şablonului de găurit sau pentru acelaşi scop, a benzii care controlează capul de sculă la maşinile comandate numeric, este de a poziţiona precis gaura în funcţie de un punct de reper sau gaură tehnologică.

Benzile pentru maşinile cu comandă numerică sînt executate după un film sau un desen de resist sau pot fi pregătite în timpul proceselor de trasare automată. Benzile executate după un film sau un desen de resist sînt considerate de a fi de mare precizie, în pregătirea acestor benzi se utilizează desenele de resist care vor fi utilizate ulterior în fabricarea plăcilor. Această metodă ţine cont de eventualele nealinieri şi distorsiuni ale imaginii filmului în timpul aplicării resistului. Coordonatele obţinute de pe bandă sînt convertite în poziţii ale capului de găurit, precizia găurii executate acumulînd atît toleranţele de desen cît şi cele ale maşinii de găurit.

Şabloanele, pentru alte maşini decît cele cu comandă numerică, sînt executate de pe un desen de resist depus pe o placă metalică sau din fibră de sticlă, care a fost în prealabil poansonată sau burghiată cu găuri tehnologice. Cu ajutorul dispozitivelor optice, centrele bulinelor desenului de resist sînt centrate şi se execută găurile. În cazul găurii în pachet, folosind o maşină de găurit cu o mişcare de jos în sus, plachetele de găurit sînt stivuite şi îmbinate prin ştifturi împreună cu şablonul. O asemenea maşină de găurit cu mişcare de jos în sus este comandată de un palpator care trebuie să se aşeze într-o gaură a şablonului, cînd acesta este aşezat corect palpatorul declanşează presiunea de strîngere şi operaţia de găurire. Precizia găurii burghiate depinde de:

a) precizia şablonului;

b) toleranţa poziţională înaintea interacţiunii dintre palpator şi şablon;

c) devierea burghiului faţă de plachetă.

Maşina cu capete multiple lucrează într-un mod asemănător. Şablonul este montat separat sub palpatorul de comandă iar pachetul de plăci este montat sub burghie şi este aşezat în raport cu găurile tehnologice.

Operatorul mişcă capetele de găurire sau piesele care se prelucrează, iar cînd palpatorul s-a aşezat, operaţia de găurire şi tampoanele de presare sînt declanşate, ca şi mai înainte, de către palpatorul aşezat în şablon. Precizia maşinii de găurit cu capete multiple rezidă în aliniamentul fiecărui cap de găurire faţă de ştifturile de fixare montată în platanul maşinii, ca şi în montarea corectă a fiecărui pachet pe plăci în raport cu traversa suport capete de găurire.

Burghiul utilizat la ambele mașini trebuie să aibe caneluri netede pentru a asigura o degajare ușoară, iar vîrful trebuie să fie fixat concentric cu tija burghiului. Parametrii de proiectare ai burghiului pentru prelucrări lente sau rapide au fost subiect de discuție mai mulți ani de zile și se pare că cercetătorii nu au ajuns la o înțelegere pentru un standard comun. Într-o publicație recentă s-a susținut că se obține o mai bună calitate a găuririi în materialul din fibra de sticlă atunci cînd se utilizează burghiuri cu vîrfuri din carburi rotindu-se cu o viteză de 80 000 rot/min, afirmație susținută de fotografii care arată diferența față de același material găurit la 50 000 rot/min. Viteza, avansul, materialul, mașinile și dimensiunile burghiului sînt în strînsă interacțiune așa încît modul cel mai economic de alegere a celei mai potrivite combinații este prin încercări și erori. Este totuși recomandabil a se examina calitatea găurii după prelucrare chimică și placare. O gaură prost burghiată va prezenta asperități în metalul depus, slăbiri sau tensiuni în fibrele de sticlă din jurul găurii. Aceste defecte aparent minore vor conduce la defecțiuni în produsul final.

Plăcile multistrat cer o grijă deosebită la operația de găurire. În afara necesității unei precise poziționări, dacă burghiul după ce a parcurs prin mai multe straturi de folii de cupru și fibră de sticlă va fi tocit sau se va roti la o viteză nepotrivită, inelul interior al pastilei terminale se va murdări cu rășina care dacă nu este îndepărtată va putea cauza o întrerupere sau un circuit deschis.

Se va lua de asemeni în considerație relația dintre diametrul burghiului și grosimea materialului de găurit. Grosimea totală a pachetului care va fi găurit nu va depăși nici o dată de șase ori diametrul burghiului iar cînd mașinile de găurit au o tendință de deviere de la centre, grosimile plăcilor trebuie să fie de patru ori, sau mai puțin, diametrul burghiului.

Referitor la dispozitivele mecanice de fixare, calibre și scule se consideră eronat ca acestea nu necesită toleranțe în prelucrarea lor. Necesitatea sculelor precise se poate aprecia în cazul în care plăcile dublu față și multistrat cu diametrul bulinelor terminale de la 1 la 1,25 mm cer o găurire precisă pentru a permite tolerarea pierderilor dimensionale în cadrul proceselor chimice și a corodării și încă să se păstreze un inel rezonabil în jurul găurii la terminarea procesului.

Metodele utilizate pentru tăierea plăcii la dimensiunile finale sînt determinate de cantitatea plăcilor care au același contur și dimensiune (tabelul 7.3).

Plăcile de formă pătrată sau rectangulară fără decupări sînt cel mai simplu de conturat și cînd nu sînt cerute toleranțe strînse pot fi folosite metodele de tăiere cu fierăstrău circular sau ghilotină. Plăcile de forme neregulate sau pătratică cu decupări pot fi conturate la toleranțe strînse rezonabile utilizînd stanțe cu o singură cursă acționată de o presă puternică. Plăcile cu contactele marginale placate care se introduc în-

Tabela 7.3

Tabelul metodelor de conturat şi a preciziilor

Metoda	Cantitatea economică	Toleranţe	Scule adiţionale sau ghidaje
Ghilotină (vizuală)	Mică la mare	±0,75 mm	nu
Ghilotină (cu şablon)	”	±0,25 mm	şablon
Frezare	”	±0,125 mm	disp. de fixare pentru frezare
Ferăstrău	”	±0,25 mm	nu
Ferăstrău	Medie la mare	±0,125 mm	ghidaje
Ştanţare	Mare	±0,08 mm	nu

tr-un conector injectat, cer în mod normal ca această parte a plăcii să fie profilată la o toleranţă în limitele de ±0,125 mm pentru a asigura obţinerea ariei maxime de contact.

Resisturi

Resisturile sînt folosite pentru a limita acţiunea chimică la o arie specifică a plăcii prin care să se genereze desenul de conductor necesar. Sînt utilizate curent trei tipuri de resist şi anume:

a) un resist fotosensitiv aplicat ca un film uscat şi
b) un resist fotosensitiv aplicat ca lichid;
c) cerneala aplicată prin procesul de imprimare serigrafic.

Resisturile de film uscat

Resisturile de film uscat sînt furnizate în role cu cîte un film de protecţie pe ambele feţe şi sînt aplicate pe plachetă printr-un proces de laminare în cursul căruia unul din filmele acoperitoare de protecţie, este îndepărtat în timp ce filmul trece peste o rolă încălzită. Resistul astfel aplicat pe placă este expus luminii ultraviolete iar pelicula protectoare care a rămas este îndepărtată înaintea developării.

Un dezavantaj al resistului cu film uscat este necesitatea de a fi expus avînd încă aplicat filmul de protecţie. Acest film, care are o grosime de aproximativ 0,025 mm, distanţează filmul cu circuitul imprimat cu această mărime şi penetraţia laterală a luminii în timpul expunerii va duce la schimbarea grosimii conductorilor. Pentru a reduce acest efect de decupare inferioară trebuie să se utilizeze o sursă de lumini monocolimatată spre a obţine o linie de definiţie fină.

Resisturi lichide

Resisturile se pot obține aplicînd metodele prin cufundare, prin pulverizare, prin centrifugare sau prin văluire și se fac atît pentru lucrul pozitiv sau negativ. Resistul lucrînd negativ expus la o lumină ultravioletă polimerizează, și după un tratament într-o soluție de developat adecvată, suprafețele neexpuse sînt înlăturate printr-o spălare cu apă. Tipurile de resist lucrînd pozitiv reacționează în mod invers, adică ariile expuse sînt înlăturate prin spălare cu apă, după o developare în soluție de developat.

Majoritatea resisturilor lichide necesită un tratament termic după developare pentru a îmbunătăți rezistența lor la chimicalele întrebuințate în diferitele faze ale prelucrării plachetei. Atît resisturile lichide pozitive cît și negative sînt potrivite pentru producerea plachetelor simplu sau dublu față.

Metodele prin pulverizare sau prin centrifugare utilizînd oricare tip de resist nu sînt potrivite pentru plăcile care au găuri perforate în aria desenului. În particular resisturile negative nu sînt potrivite ca mediu de corodare pentru plăcile cu găuri metalizate străpunse deoarece lumina ultravioletă pătrunde și polimerizează greu resistul de pe pereții găurii. În consecință se preferă utilizarea unui resist pozitiv acoperit prin cufundare oricînd este necesară o corodare a plachetelor cu găuri placate străpunse cu condiția ca să nu fie necesară o supraplacare cu un metal distinct de mascare.

Acoperirea prin vălțuire este metoda preferată pentru aplicarea atît a resisturilor care lucrează negativ cît și a celor care lucrează pozitiv, pe plăcile cu găuri străpunse metalizate care vor fi apoi supraplacate. Această metodă de aplicare depune un strat neted de resist pe suprafață, cu numai o ușoară pătrundere în gaură, care după prelucrare lasă o suprafață de cupru curată gata de a accepta spre placare un metal distinct de mascare. Totuși dacă în această fază va rămîne ceva resist în gaură, metalul distinct de mascare care se va mai depune în mod satisfăcător și după îndepărtarea resistului, porțiunea neplacată a găurii va fi expusă soluției de corodare, rezultînd o discontinuitate de circuit.

Toate resisturile pozitive cer o sursă de lumină cu înalt flux de energie (lumina de undă de 3 000—4 000 Å) iar pentru mărirea puterii de definiție se va utiliza o singură sursă colimatată. Expunerea se face normal cu fața emulsionată a filmului circuitului ținut în contact intim cu filmul de resist, utilizînd un tampon cu vid pentru a asigura definiția maximă a desenului de conductor.

Există rame de expunere care pot expune simultan ambele fețe dar alegerea echipamentului va fi condusă nu numai de calitatea și cantitatea lucrului de încărcare dar de asemeni de sculele utilizate pentru a realiza înregistrarea între filmul circuitului și placheta. Ramele cu placa de spate rigidă și expunere a unei fețe pot fi fixate prin pinii tehnologici care țin filmul și asigură o înregistrare film-placă corespunzătoare. Ca o alternativă există rame de expunere a unei singure fețe care utilizează o placă groasă din sticlă care încorporează pinii tehnologici. Filmul cu circuitul este atunci suprapus utilizînd pinii drept ghidaje de fixare, filmul fiind reținut în poziție prin presare la placa din sticlă.

Plăcile sînt expuse pe rînd fiind poziționate prin aceeași pini tehnologici, un tampon rabatabil cu vid fiind utilizat pentru a acoperi ansamblul film-placă. Expunerea se face prin deschiderea unei diafragme, după ce a fost format vidul. Avantajul acestui tip de ramă constă în faptul că filmul nu mai este deplasat fiind fixat o dată aceasta eliminînd posibilitatea deteriorării găurilor tehnologice în film, ceea ce în cazul refolosirii poate reduce precizia înregistrării.

Cernelurile resistive, metoda serigrafică

Cernelurile resist, potrivite atît pentru procesul de corodare cît și pentru placare sînt aplicabile prin metoda serigrafică. Cerneala de resist este forțată prin ariile deschise ale tiparului care este suportat de ochiurile unei plase din oțel inoxidabil, nylon sau terilen, pătrunderea cernelii fiind asigurată prin mișcare de măturare a unei „palete“ cu muchie din cauciuc sau plastic. Pentru un lucru mai precis și repetabil se recomandă o mașină care controlează presiunea, unghiul și viteza de măturare. Totuși ramele serigrafice cu acțiune manuală pot fi folosite pentru grosimile liniilor care depășesc 0,25 mm. Materialul serigrafic va fi ales avînd o dimensiune de ochi minimă și o arie deschisă cît mai mare spre a permite o depunere de resist maxim posibilă. Țesătura plasei este întinsă strîns peste o ramă și fixată ferm la ea.

Tiparul, făcut în bază de gelatină sau polivinil, poate fi clasificat în tipul direct sau indirect. Tiparul de tip direct este executat prin acoperirea țesăturii cu o emulsie sensibilizată care după expunerea ei prin filmul cu circuitul de transpus, este developată și spălată înlăturînd astfel ariile neexpuse. Metoda indirectă utilizează un tipar produs fotografic care este presat cu grijă, în timpul cît emulsia este încă moale, pe țesătura plasă. După uscare suportul tiparului este îndepărtat și sita este gata de a fi utilizată.

Placa este acum așezată pe pinii tehnologici care sînt fixați în suportul mașinii serigrafice și tiparul este aliniat precis de găurile sau marcajele plăcii. Următoarea fază a inițializării operației este de a potrivi depărtarea sau distanța de „desprindere“ a plăcii față de suprafața inferioară a tiparului (fig. 7.10). Pentru a obține o înaltă definiție se potrivește distanța medie între 1 mm și 2 mm în funcție de dimensiunile tiparului. O ramă mare are o săgeată mai mare a țesăturii și de aceea este necesară o distanță mai mare de desprindere. Vîscozitatea cernelii și ascuțirea muchiei paletei sînt de asemenea importante pentru a obține un desen de resist de mare definiție.

Conturul desenelor produse prin metoda serigrafică, are ușoare neregularități la margini, datorate imprimării ochiurilor de plasă. În plus fluxul cernelii va da de asemeni o ușoară creștere în lățimea liniei. Creșterea este în funcție de vîscozitate și tipul de cerneală utilizat și poate fi de ordinul a 0,025 mm pentru cele mai multe tipuri de cerneluri resist pentru corodare și placare.

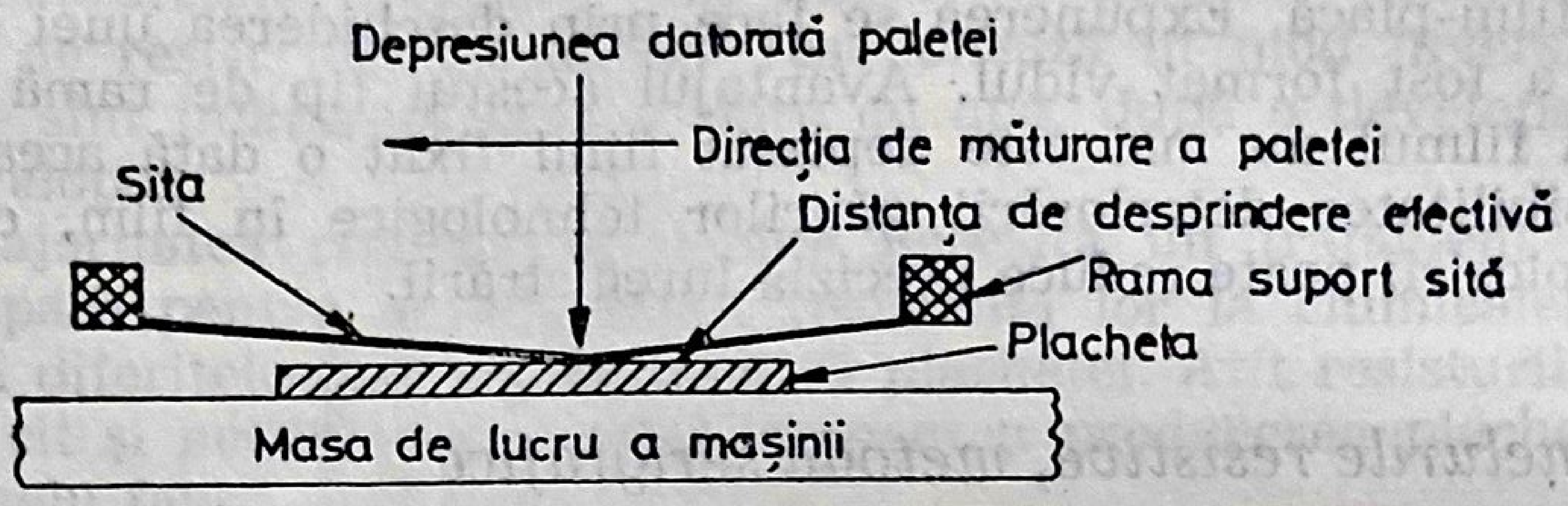

Depresiunea datorată paletei
Direcția de măturare a paletei
Sita
Distanța de desprindere efectivă
Rama suport sită
Placheta
Masa de lucru a mașinii

Fig. 7.10. Prezentarea distanței efective de „desprindere“ între placă și sită.

Metodele serigrafice pot fi utilizate în producție tuturor tipurilor de plăci dar pentru placă cu găuri străpunse placate care vor fi corodate este necesar inițial de a umple găurile cu resist, înaintea aplicării desenului serigrafic. Tipul resistului și metoda de aplicare trebuiesc luate cu considerare încă în faza de proiectare în special în cazul cînd circuitul care va fi produs are parametrii electrici critici.

Tabelul 7.4 indică variația de lățime pentru diferitele tipuri de resist de corodare. Variațiile resistului de placare sînt indicate în tabelele 7.5 și 7.6 și deoarece resistul de placare este depus în strat mai gros decît resisturile de corodare sursă de lumină joacă un rol important în producerea unui desen avînd toleranțe dimensionale mari.

Tabela 7.4

Resisturi de corodare

Tipul de resist	Variația lățimii conductorului
Resisturi negative	Ușoară creștere, aproximativ 5 microni
Resisturi pozitive	Ușoară descreștere, aproximativ 5 microni
Resistul serigrafic	Ușoară creștere, de la 25+50 microni

Tabela 7.5

Resisturi de placare — Sursă de lumină colimatată

Tipul de resist	Variația lățimii conductorului
Resistul negativ	Descrește aproximativ 100 microni
Resistul pozitiv	Crește aproximativ 100 microni
Resistul serigrafic	Descrește de la 25÷50 microni

Tabela 7.6

Resisturi de placare — Sursă de lumină apropiată

Tipul de resist	Variaţia lăţimii conductorului
Resisturi negative	Descreşte aproximativ cu 0,025 mm
Resisturi pozitive	Creşte aproximativ cu 0,025 mm

Deşi variaţiile lăţimii conductorilor sînt mici ele pot fi luate în considerare, împreună cu alte variaţii în toleranţe cunoscute ale proceselor de corodare şi placare, în cazurile cînd este esenţială o spaţiere strînsă a desenului de conductori.

Corodarea

Corodarea este un proces chimic utilizat în fabricarea circuitelor imprimate scopul căruia este îndepărtarea metalului nedorit de pe laminatul acoperit sau placat. Procesele utilizează soluţii puternic corozive care dizolvă acea parte din cupru care nu este protejată prin aplicarea resistului cel mai potrivit, organic sau metalic. Acest proces, ultimul din procesele chimice critice utilizate în fabricarea circuitelor corodate, tinde să accentueze posibilele abateri caracteristice datorate proceselor, unele din acestea fiind sub controlul operatorului pe cînd altele depind de producătorul laminatului acoperit cu cupru.

Pentru a realiza un control optim pe timpul operaţiei de corodare maşinile sînt dotate cu dispozitive de control care permit ajustarea, în limite fixe, prin duzele de stropire care sînt reglate să oscileze pentru a acoperi întreaga arie corodată. Maşinile sînt construite din metale şi materiale plastice care nu sînt atacate de către soluţia corozivă de corodare; o cameră de corodare este situată deasupra unui rezervor din care soluţia se pompează spre duzele de stropire.

Apar maşini mai sofisticate care dispun de posibilitatea de a reţine o parte sau în întregime cuprul din soluţie, înainte ca aceasta să fie recirculată spre duze, dar acest echipament auxiliar este în prezent limitat la soluţii de corodare de tip special care sînt potrivite doar pentru unele tipuri de resist din metal. Proprietăţile de bază ale unei soluţii de corodare sînt:

a) timpul consumat pentru a îndepărta prin corodare o grosime dată de cupru: acest parametru este cunoscut ca viteza de corodare;

b) capacitatea sau cantitatea de cupru pe care soluţia poate să o dizolve înainte ca acţiunea de corodare să se oprească sau continuarea operaţiei să devină neeconomică în timp.

Soluţiile de corodare utilizate în general sînt următoarele:

a) soluţiile de clorură ferică sînt cele mai larg utilizate pentru corodanţi de cupru, fiind adecvate pentru majoritatea resisturilor de metal cu excepţia staniului şi a aliajelor staniu-plumb. Soluţiile clorurilor ferice cu aditivi pentru reducerea spumării au caracteristici de umezire, îmbunătăţire şi o corodare netedă. Soluţia prezintă avantaje faţă de alţi corodanţi datorită stabilităţii sale şi a duratei de viaţă aceasta din urmă fiind definită ca o înaltă capacitate de dizolvare a cuprului. Timpul de corodare sau viteza de corodare este astfel, că ia aproximativ 4 minute pentru a îndepărta o grosime de cupru de 0,036 mm, cu soluţia la temperatura camerei. Prin creşterea lentă a temperaturii în timpul dizolvării cuprului se poate obţine o viteză de corodare constantă, pe timpul duratei deviată a soluţiei. Capacitatea soluţiei este de aproximativ 80 g/l;

b) soluţiile cromice/sulfurice cu aditivi se folosesc atunci cînd se utilizează ca resist placarea cu staniu plumb. Corodantul care este adecvat pentru majoritatea resisturilor din metal cu excepţia staniului, este încălzit ca şi clorura ferică, temperatura soluţiei este ajustată pentru a realiza o viteză de corodare aproximativ constantă pe tot timpul creşterii conţinutului de cupru. Rata de corodare se poate compara în mod favorabil cu cea a clorurei ferice dar capacitatea ei de dizolvare este mai joasă (aproximativ 50 g/l);

c) persulfatul de amoniu este un alt corodant popular utilizat pentru plăcile placate cu staniu-plumb. Fără aditivi rata de corodare a soluţiei este mai joasă decît soluţiile de mai sus — clorura ferică sau cromice, dar dacă se adaugă un aditiv ca clorura mercurică sau sodică rata de corodare creşte şi este în general mai mare decît a clorurilor ferice. Clorura mercurică nu este utilizată în prezenţa aurului deoarece duce la formarea unui amalgam de aur. Aditivul din clorura sodică face ca corodantul să nu fie utilizabil cu aliajele staniu-plumb. O soluţie cu un aditiv corect este în mod normal încălzită şi la începutul corodării rata de corodare este mică, aceasta se îmbunătăţeşte cînd s-a dizolvat deja o mică cantitate de cupru. Soluţia este exotermică crescînd cu aproximativ 1°C pentru fiecare 6 g de cupru dizolvat. Sînt necesare serpentine de răcire atunci cînd încărcătura de lucru este mare pentru a preveni deteriorarea maşinii prin supraîncălzire. Un dezavantaj al acestui corodant este instabilitatea lui care poate să ducă la deranjamente atunci cînd în perioada corodării iniţiale nu s-a obţinut întreaga capacitate de 30 g/litru de cupru dizolvat şi soluţia este lăsată să se răcească;

d) corodanţii alcalini, oferiţi de producători, sînt potriviţi pentru corodarea cu resisturi metalice din staniu, staniu-plumb, şi diferite alte resisturi metalice. Toate acestea sînt amestecuri furnizate de producători, compoziţia atît a chimicalului de bază cît şi a aditivilor nu este în mod obişnuit anunţată. Capacitatea de dizolvare a cuprului este în domeniul de pînă la 40 g/l şi soluţiile oferă o rată de corodare rezonabilă.

În general soluţiile de corodare sînt aruncate după ce au fost consumate dar ele nu trebuie golite în sistemul de canalizare după utilizare fără a fi neutralizate. Acest proces nu este întotdeauna convenabil sau economic de a fi făcut de către fabricant, de aceea atunci cînd fabricile sînt mici şi cînd nu va fi economic de a instala un sistem de neutralizare complet, sînt folosite firme exterioare.

Corodarea prin definiţie este o coroziune chimică în condiţii controlate şi cînd este utilizat spre a îndepărta cuprul nedorit de pe laminat, pereţii laterali ai conductorului sînt supuşi treptat corodării. Rata de corodare este la nivelul ei maxim atunci cînd soluţia atacă perpendicular suprafaţa, dar pe măsură ce corodarea pătrunde mai adînc în folia de cupru pereţii de cupru devin progresiv expuşi soluţiei şi are loc corodarea la o rată mult redusă datorită unghiului mic de atac. În practica această corodare laterală sau subgravare are ca rezultat o secţiune transversală trapezoidală iar relaţia dintre subgravare şi folia de cupru este denumită factor de corodare şi este prezentat schematic în fig. 7.11.

Mecanismul de corodare cu un resist organic diferă de cel experimentat cu resistul metalic. Figura 7.12 arată cuprul dintre doi conductori acoperiţi cu un resist organic; corodantul pătrunzînd între conductori îndepărtarea metalului se petrece în primul rînd în porţiunea centrală dintre cei doi conductori. Figura 7.13 arată aceeaşi configuraţie de conductori dar acoperiţi cu un resist metalic; aici rata de corodare este mai mare lîngă pereţii conductorului de cît în centru. Acest fenomen este atribuit unei acţiuni galvanice dintre cupru şi resistul metalic din

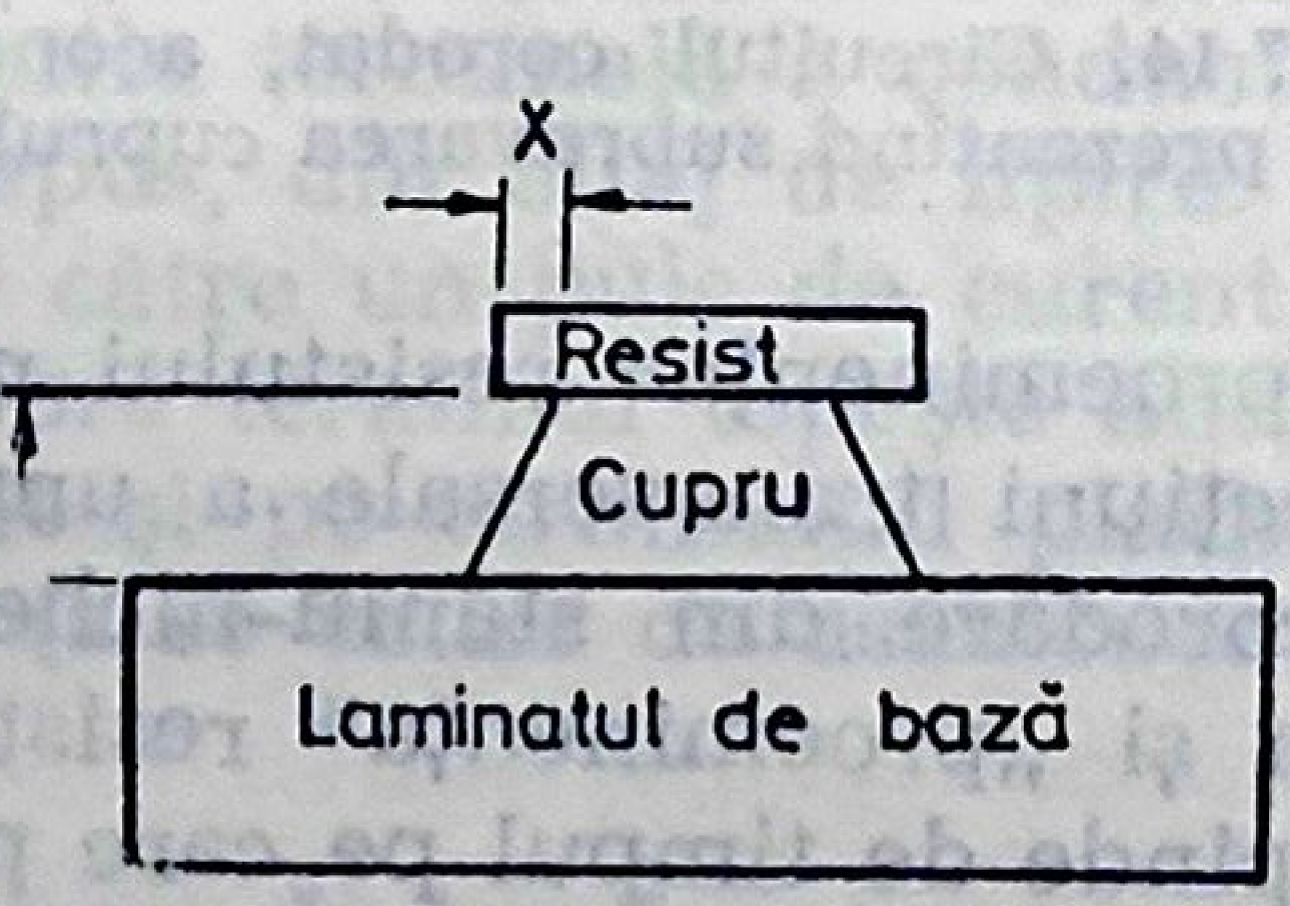


Fig. 7. 11. Prezentarea factorului de corodare Y/X.

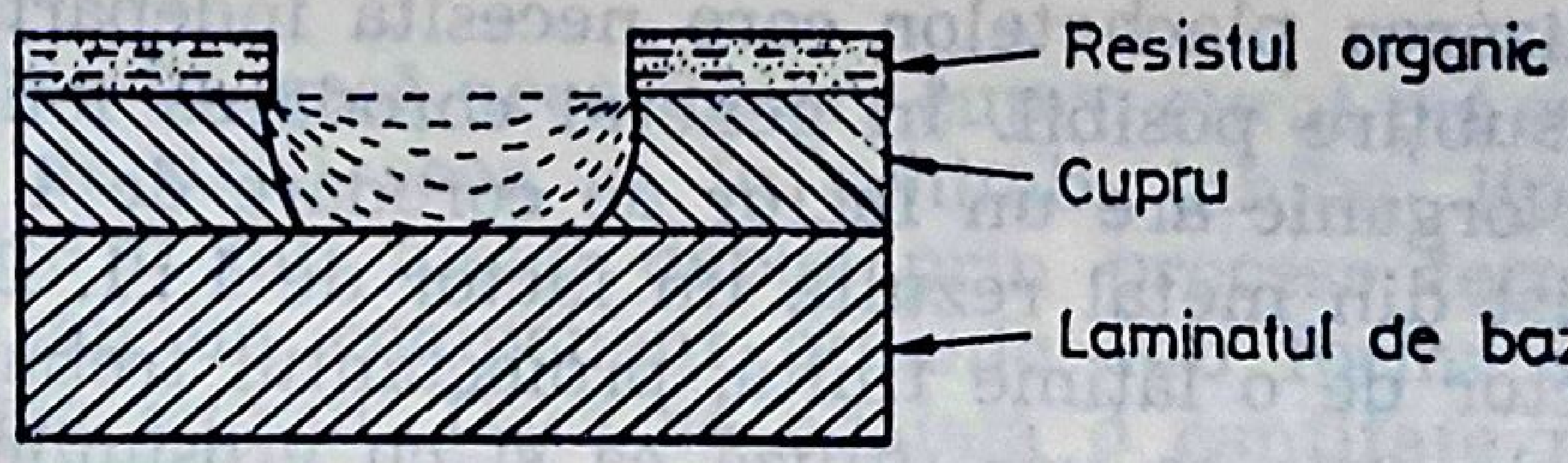


Fig. 7.12. Prezentarea condiţiilor în care corodantul pătrunde mai adînc în cuprul acoperit cu un resist organic.

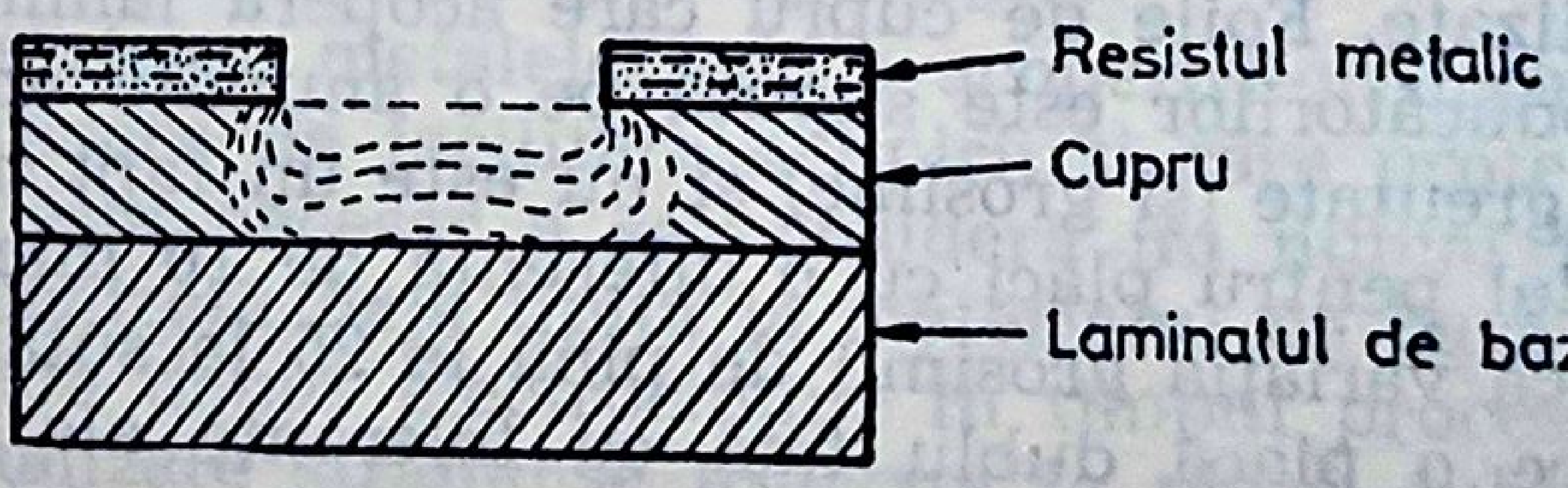


Fig. 7.13. Prezentarea condiţiilor în care corodantul pătrunde mai adînc în cuprul acoperit cu un resist metalic.

metalul distinct. În soluție cuprul devine anod iar resistul metalic catod. Forța electromagnetică între cele două metale este suficient de mare pentru a crește rata de corodare lîngă pereți, comparat cu ariile mai îndepărtate de poziția acestui bimetal. Deci utilizarea resistului metalic conduc la o decupare inferioară mai mare cu pierderea respectivă în grosimea conductorului. În afara pierderii de grosime trebuie luat în consi-

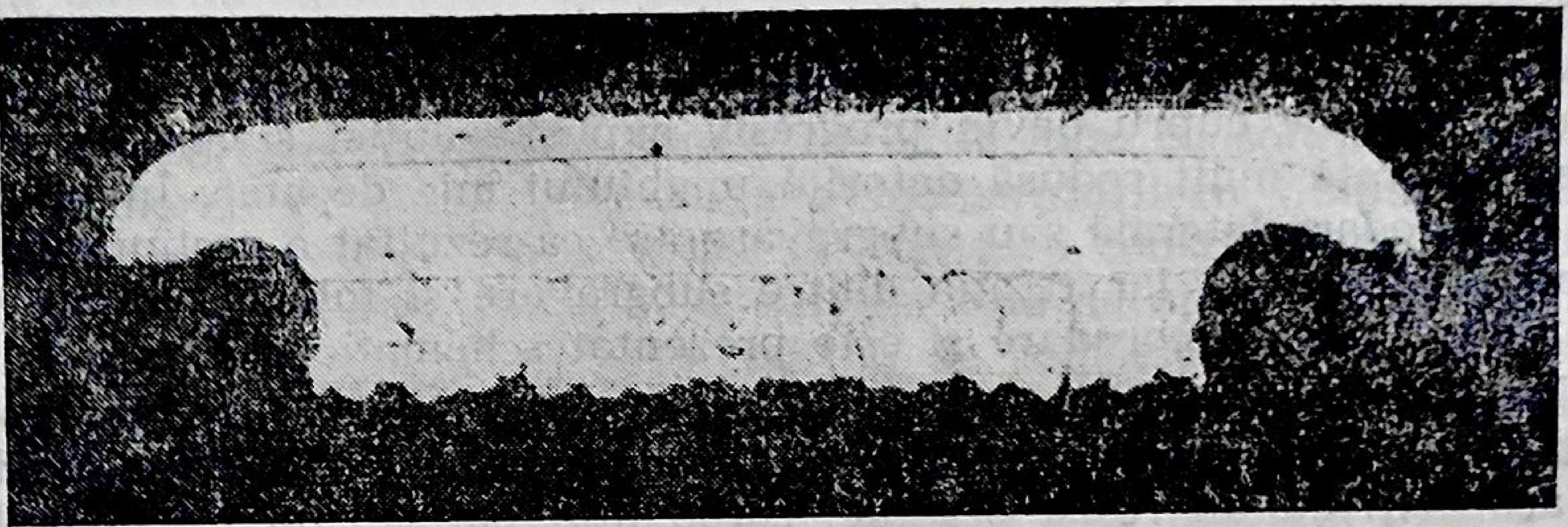


Fig. 7.14. Circuitul corodat, acoperit cu un resist de staniu-nichel, prezentînd subravarea cuprului și „proeminența" resistului.

derare și „proeminența" resistului metalic. Figura 7.14 prezintă fotografia unei secțiuni transversale a unui circuit corodat care utilizează un resist de corodare din staniu-nichel și ilustrează mărimea subgravării cuprului ca și „proeminența" resistului metalic. Mărimea decupării inferioare depinde de timpul pe care placheta este în contact cu corodantul și de aceea o decupare inferioară redusă poate fi obținută numai prin utilizarea plachetelor care necesită îndepărtarea unui strat de cupru cît de subțire posibil. În general corodarea foliei de cupru utilizînd un resist organic are un factor de corodare de 4 : 1 pe cînd la utilizarea unui resist din metal rezultă un factor de 1 : 1. Deci pentru a realiza un conductor de o lățime finită, proiectantul trebuie să fie familiarizat cu procesele care se vor utiliza ca și cu grosimile foilor de cupru care vor fi utilizate. Foile de cupru care acoperă laminatul furnizat de majoritatea producătorilor este supusă pe o anumită arie a laminatului toleranțelor de greutate (și grosime) și nu este un fapt neobișnuit să se găsească material pentru plăci cu o diferență de 10 microni în grosimea laminatului adică variația grosimii de pînă la 25 la sută. Dacă este necesar a se produce o placă dublu față cu toleranțe ale lățimii conductorilor foarte strînse poate fi necesar a se coroda o față pînă în momentul în care apare străpungerea și în final să se erodeze cuprul rămas prin lepuire manuală, o operație evident lungă și costisitoare. Din fericire acest tip de scheme ale circuitelor nu se cere prea des și obișnuit se poate folosi prelucrarea normală a circuitului pentru a produce lățimile de conductor în toleranțele care să răspundă cerințelor electronice de proiectare.

Mijloace de facilitare a lipirii şi finisarea de protecţie

Durata anticipată dintre terminarea fabricării unei plachete şi asamblarea componentelor pe aceasta ca şi metoda de fixare a acestor componente vor influenţa alegerea materialelor de finisare protectivă aplicate pe metalul conductor depus.

Lipirea cu mînă, lipirea în masă şi lipirea prin retopire sînt metode aplicate de majoritatea utilizatorilor plachetelor cu circuite imprimate pentru a îmbina terminalele componentelor cu bulinele terminale ale circuitului. Alte metode ca sudarea sau lipirea tare (cu aliaje de cupru) au pierdut din interes în ultimii cîţiva ani, nu numai datorită necesităţii folosirii laminatelor şi tehnicii speciale pentru a realiza îmbinări mulţumitoare, dar de asemeni datorită preţului mare al echipamentului şi poate, mai important de cît toate, datorită dificultăţii de înlocuire a componentelor fără a deteriora materialul de bază.

Lipirea prin retopire este o tehnică folosită pentru a fixa componentele cu terminalele tip panglică, în suprafaţa plăcii. Cerinţele sînt ca atît terminalele componentului cît şi pastila terminală a conductorului plăcii să fie acoperite de un strat gros depus, din aliaj de lipire. La aşezarea terminalului un element, încălzit de către un puls de curent, este presat pe terminal. Transferul de căldură spre terminal topeşte aliajul de lipire atît pe terminalul componentului cît şi pe terminalul plachetei ceea ce la răcire duce la formarea îmbinării (a se vedea de asemenea capitolul 6).

Curăţirea conductorilor de cupru de bază

Lipirea cu mînă sau lipirea în masă necesită ori cupru curat ori cupru protejat împotriva formării de oxizi ceea ce în schimb inhibă lipirea. Acoperirea de protecţie poate fi din metal depus prin procese termice, chimice sau electrochimice sau un component organic sub forma unui flux din lac, pentru a proteja cuprul. Dacă se adaugă o cantitate mică de agent de activare se va îmbunătăţi capacitatea de lipire.

Înainte de a trece la descrierea metalelor sau a acoperirilor organice care pot fi folosite drept mijloace de facilitare a lipirii şi care protejază cuprul împotriva coroziunii este necesar a se considera nu numai folia de cupru aşa cum este ea furnizată deja lipită la materialul de bază dar de asemeni şi cuprul care este depus electrochimic în timpul proceselor de executare a găurilor metalizate străpunse utilizate la placă dublu şi multistrat.

Înainte de a trece la corodare sau la următorul proces de placare, se aplică în mod normal, pe suprafaţa cuprului un desen de resist şi pentru a realiza o aderenţă satisfăcătoare a acestui resist folia de cupru trebuie să fie liberă de grăsime sau oxizi. Procesul de curăţire poate să includă operaţii chimice, manuale sau mecanice. Ponce, alumină sau alte materialele similare sub formă de suspensii, sînt utilizate pentru curățire manuală iar rolele din nylon impregnat sau perii din sîrmă, utilizate numai cu apă sau cu adăugarea de chimicale, sînt folosite pentru curățarea mecanică.

Thwaites și Manks în publicațiile lor asupra lipirii moi, au subliniat necesitatea prudenței la utilizarea poncei sau aluminei pentru curățirea abrazivă a foliei de cupru care va fi placată cu aliaj de lipire sau care va conlucra în alt mod cu aliajul de lipire. Ei au arătat că particulele abrazivului pot fi înglobate în cupru și avînd o slabă capacitate de umezire vor cauza apariția de pori în aliajul de lipire rezultînd în continuare o lipitură de calitate inferioară.

În cazul în care folia de cupru va fi supraplacată cu cupru, ca în procesul găurilor metalizate străpunse, această ultimă formă de curățire este acceptată deoarece în mod normal este urmată de aplicarea soluțiilor de curățire și de cufundări în acid ca o parte a procesului, asigurînd astfel o bună aderență între baza din cupru original și cuprul supraplacat.

Materialele și procedeele de protecție

Metalele folosite cu mijloace de facilitare a lipirii și drept finisare anticorozivă pot fi depuse pe cupru prin trei procedee:

a) depunerea electrolitică în care caz depunerea este făcută înainte de corodare și este posibil a se efectua conectarea electrică la toți conductorii sau pastile terminale izolate.

b) placarea neelectrolitică sau prin imersiune care se efectuează după corodare. Diferența între depunerea chimică de metal și prin imersiune constă în faptul că la acestea din urmă depunerea continuă numai timp cît metalul de bază este expus soluției. Pe de altă parte la depunerea chimică de metal continuă să se depună metal pe întreaga perioadă de imersie dar viteza de creștere se va reduce gradat odată cu creșterea grosimii depunerii;

c) procedeele de aplicare cu vălțuire la cald sau cufundare caldă.

Metalele care se pot utiliza în procedeele de mai sus sînt: staniu, staniu plumb, staniu nichel, nichel și aur.

Finisarea prin depunere electrolitică

Metalele depuse electrolitic sînt folosite ca resist de corodare, diferitele tipuri de corodant potrivite pentru depunerea respectivă au fost discutate într-un paragraf anterior al acestui capitol. Se utilizează metoda de placare printr-un desen de resist care lasă descoperite electrolitului ariile care se vor placa.

Staniul depus la o grosime de aproximativ 0,012 mm este eficient ca material de facilitare a lipirii oferind proprietăţi de durabilitate, depunerea fiind strălucitoare şi de un aspect plăcut.

Staniu plumb cel mai popular din aliajele metalice depuse este placat la o grosime minimă de 0,008 mm servind ca resist de corodare şi material de facilitare a lipirii. După corodare rămîne pe conductori o depunere de sulfat sau cromat de plumb ceea ce reduce capacitatea de lipire şi este necesar să fie îndepărtată pentru a beneficia din plin de acest aliaj. Aliajul staniu plumb îşi păstrează proprietăţile de bună lipire timp de 12 luni sau mai mult dar este influenţat de mediul în care este depozitat.

Staniu nichel placat la o grosime de 0,0008 mm va rezista la cele mai multe soluţii de corodare dar suprafaţa se pasivează repede şi necesită o acoperire subţire de staniu sau aur pentru a da o finisare potrivită lipirii.

Aurul, placat pînă la 0,002 mm serveşte atît ca resist de corodare cît şi ca facilitor al lipirii, dar cînd placatul pînă la această grosime este poros permite corodarea în dreptul porilor reducînd astfel capacitatea de lipire. Pentru a reduce coroziunea prin pori adeseori se plachează ca strat inferior, nichelul sau staniul nichel depus la o grosime de aproximativ 0,008 mm.

O problemă care apare la depunerile de aur şi îmbinările lipite cu staniul plumb este formarea, la suprafaţa acestora, a aliajului de staniu bogat în aur cu o structură slabă, care formează îmbinări cu o rezistenţă redusă numai la o treime faţă de aceea pe care îmbinarea o face direct cu cuprul sau printr-o depunere de staniu plumb. Asupra acestui subiect s-au scris un număr de publicaţii care denigrează folosirea aliajului de staniu plumb împreună cu aurul.

Finisare neelectrolitică

Procedeele neelectrolitice şi de imersionare se execută după corodare direct pe conductorii de cupru sau în cazul aurului pe staniu nichel sau nichel. Grosimea aurului neelectrolitic este de aproximativ 0,007 mm şi pentru această metodă sînt valabile aceleaşi comentarii ca şi pentru aurul depus prin mijloace electrolitice.

Staniul depus prin procedee de imersie va continua să se depună pînă la grosimea de aproximativ 0,0025 mm. Depunerea nu este potrivită ca resist de corodare dar oferă bune calităţi ca favorizant al lipirii pentru o perioadă de 3—4 luni. Timpul de depozitare poate fi extins pînă la fluxarea staniului în ulei cald. Placarea prin imersionare în staniu poate fi de asemeni utilizată pentru a acoperi depunerile de staniu plumb spre a îmbunătăţi durata de înmagazinare şi capacitatea de lipire a acestui aliaj.

Finisare de protecție cu „aliaj de lipire la cald"

Depunerea de aliaj de lipire cald se poate face prin procedeele de vălțuire sau de cufundare. Acoperirea prin vălțuire este un procedeu simplu care cere numai o curățire chimică a cuprului și această condiție este ușor realizabilă prin folosirea unui flux coroziv solubil în apă. După trecerea prin role încălzite acoperite cu aliajul de lipire, placheta este spălată în apă rece pentru a îndepărta rezidul de flux. Grosimea de depunere a aliajului de lipire este de aproximativ 0,005 mm, crescînd la grosimi mai mari pe muchia terminală a fiecărei buline terminale sau conductor. Procedeul nu este potrivit pentru plăcile cu găurile metalizată străpunse dacă nu este urmat de o operație cu ulei cald pentru a îndepărta aliajul de lipire care înfundă găurile. Pe de altă parte acoperirea cu aliajul de lipire prin cufundare este realizată prin montarea plachetei pe un dispozitiv suport care la rîndul lui este cuplat la un motor care acționează un sistem de cufundare și centrifugare. Placheta este imersionată în metalul topit și după un timp prescris este scoasă și rotită cu o viteză suficientă pentru a arunca excesul de aliaj de lipire. În cazul plachetelor cu găuri metalizată străpunse, găurile pot să mai rămînă umplute și cer în continuare un tratament, de îndepărtare a aliajului de lipire, într-o baie cu ulei cald.

Placarea pentru contacte electrice

Plachetele cu circuite imprimate care sînt proiectate să facă parte dintr-un dispozitiv de conectare necesită placarea contactelor de pe muchie, cu un metal care să mențină un contact bun cu rezistența joasă pe durata de viață a plachetei. Se poate folosi sodiul sau paladiul dar aurul este cel mai popular metal utilizat astăzi. Prepararea metalului de bază este de mare importanță pentru a obține o depunere netedă lipsită de pori. Sînt furnizabile mai multe soluții de placare cu aur care vor depune aur de 24 de carate sau aliaje de aur, metalele de aliere fiind cobaltul, nichelul, argintul sau cadmiul, utilizarea lor crescînd strălucirea și duritatea depunerii. Totuși unii producători de circuite imprimate preferă o depunere suficient de moale și ductilă pentru a nivela neregularitățile suprafeței cînd placheta este introdusă în conector crescînd astfel aria totală de contact și micșorînd rezistența de contact.

Finisarea cu aur cere să se supraplacheze cuprul de bază cu staniu nichel sau nichel ca substrat înainte de a aplica placarea finală cu aur. Această depunere intermediară formează o barieră care reduce migrarea cuprului de bază prin porii depunerii de aur de deasupra și de asemeni permițînd să se utilizeze o depunere de aur mai subțire. Totuși staniul nichel, în anumite condiții de placare este mult tensionat și în depunere apar microfisuri care nu pot fi acoperite cu o punte de aur depus. Figura 7.15 arată o situație fizică de „subminare" a unei depuneri fisurate de staniu nichel sub o supraplacare cu aur, după o expunere la hidrogen sulfurat. Cînd aceste microfisuri sînt prezente crește probabilitatea ca depunerea să se corodeze și acest defect poate să nu se evidențieze decît după cîteva luni de la fabricare, atunci cînd placheta și componentele sale sînt asamblate și trecute prin operațiile de testare ale sistemului.

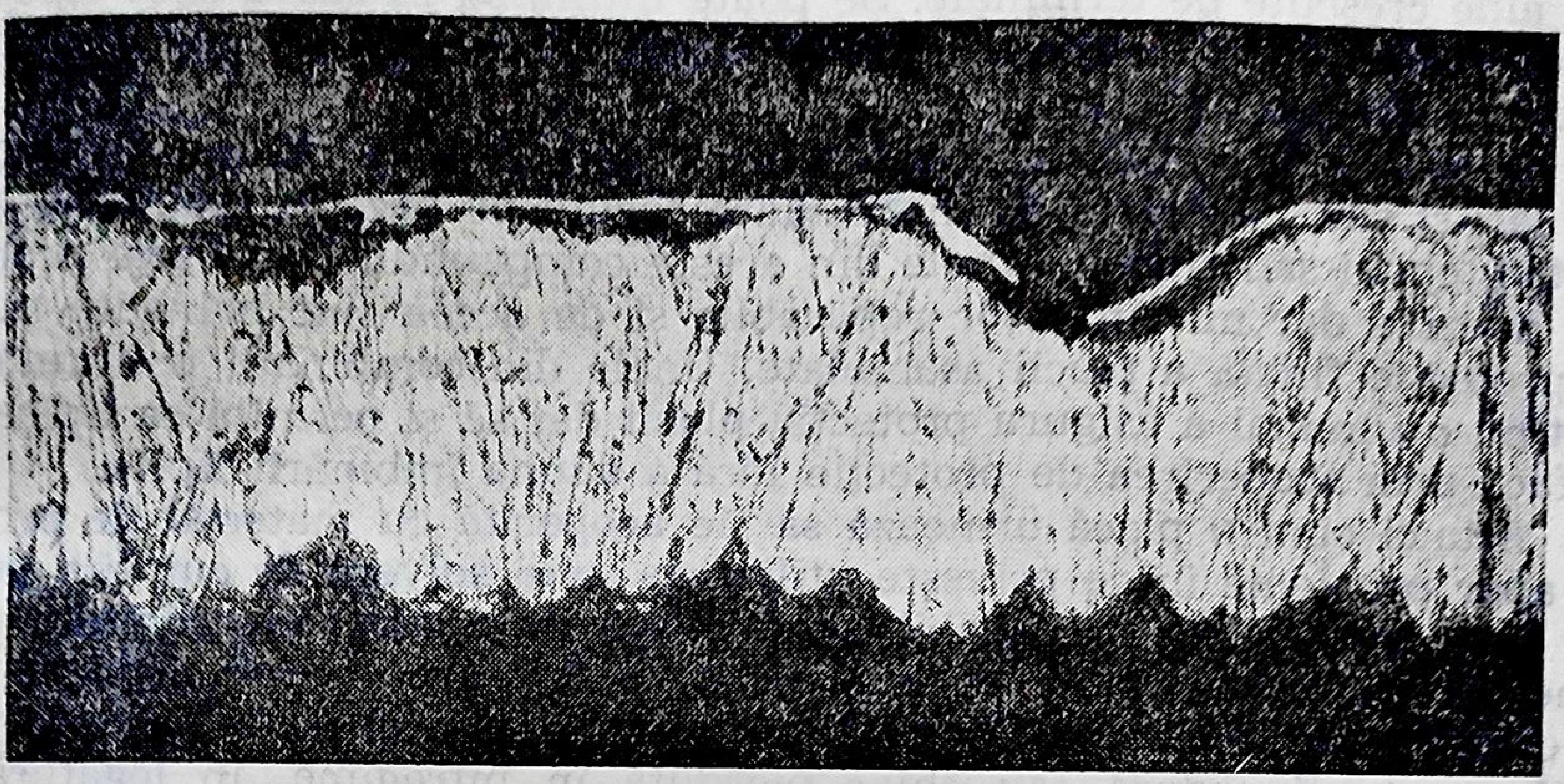


Fig. 7.15. Conectorul de muchie după un test cu SO_2/H_2S (×400).

În consecință se preferă ca substrat nichelul deoarece este posibil a depune acest metal cu ajutorul agenților de nivelare suficienți pentru a scoate neregularitățile stratului de cupru și în același timp a produce o depunere cu tensiuni suficient de joase pentru a evita fisurarea. Placarea de aur cerută de standardele engleze cere o grosime minimă de 0,005 mm, liberă de fisuri, bule și pori în ariile de contact.

În toate cazurile cînd se utilizează metalul de placare drept resist de corodare, depunerea se va extinde dincolo de dimensiunile originale ale conductorului. Mărimea acestei supracreșteri va depinde de tipul de metal placat, tipul și grosimea resistului, starea soluției de placare, și grosimea de metal depus. (Figura 7.14 arată o secțiune transversală a conductorului placat, utilizînd placarea cu staniu plumb).

Finisarea „organică“

Finisarea organică poate fi necesară pentru două scopuri principale: a) ca material de facilitare a lipirii și b) ca o protecție împotriva coroziunii și a contaminării de mediu. Cînd se utilizează ca material de facilitare a lipirii se poate aplica pe placă un număr de lacuri-flux prin metoda stropirii (spray) sau a confundării. Fluxurile de acoperire de acest tip sînt obișnuit făcute dintr-o rășină dizolvată într-un solvent adecvat ca de exemplu alcoolul industrial. Majoritatea acestor lacuri-flux conțin cantități mici de agenți de activare pentru a ajuta lipirea și pe cît sînt de efective aplicate proaspete ele se deteriorează cu timpul. În practică se obișnuiește a se îndepărta acest tip de flux după asamblarea și lipirea componentelor deoarece altfel poate avea loc corodarea terminalelor componentelor placate cu staniu plumb. O asemenea corodare este accelerată în condiții de înaltă umiditate și apare sub formă de cristale albe crescute pe terminale. Se poate întîmpla, în cazul unor tipuri de reziduri de flux, o creștere a mucegaiului și ca urmare apariția de căi dintre conductori adiacenți.

O altă alternativă a acoperirilor organice o constituie acoperirile din lacuri sau materiale de incapsulare făcute pe baza de poliester, poliuretan, epoxi sau silicon. Unele din aceste compaunduri au bune proprietăți adezive dar nu sînt ușor reparabile și de aceea sînt potrivite numai ca protecție finală a plăcii asamblate. Unele din combinații poliuretanice pretind nu numai a asigura protecția placii dar să și permită ca lipirea să se facă prin acoperirea de protecție fără a dăuna îmbinării lipite.

Atunci cînd o placă urmează să fie acoperită cu material de protecție apar probleme în ce privește utilizarea unui solvent de curățire potrivit care trebuie să fie capabil să îndepărteze amprentele digitale, grăsimea și alte contaminări ale suprafeței, fără a avea efecte nedorite față de componente. Fără o curățire adecuată eficiența acoperirii finale de protecție poate fi redusă sau chiar pierdută în întregime. În legătură cu aceasta, pot fi recomandate următoarele operații, deși acestea consumă timp și deci sînt costisitoare.

a) Se curăță placa, fără componente, cu grijă și se usucă în cuptoare cu circulație forțată.

b) Se acoperă placa cu un lac poliuretanic adecvat, printr-o mască care va lăsa descoperite toate ariile pe care se vor face lipiri.

c) După asamblarea și lipirea componentelor la placă, curățirea se face mai ușor deoarece suprafețele a căror contaminare ar fi fost posibilă sînt deja acoperite cu lac.

d) Placa poate fi acum acoperită cu un strat gros, printr-o metodă adecvată, folosind același material de încapsulare sau unul compatibil, înglobînd în felul acesta toate componentele și acoperind ariile care au fost anterior lăsate neprotejate.

O specificație pentru un astfel de tip de material de incapsulare trebuie să cuprindă următoarele proprietăți: întărirea la aer sau la temperaturi joase, bune proprietăți de izolație și pierderi electrice mici, o bună aderență la metal și la alte combinații de rășini, să fie nehigroscopică și să aibe o flexibilitate rezonabilă.

Bibliografie

1. Copper and Copper Alloy Plating. Copper-Development Association Publication No. 62.
2. *British Specification 3888.*

3. *Mil Specification MIL-P-13949 D.*
4. *British Specification 4025.* The general requirements and methods of test for printed circuits.
5. C. Thwaites (1964). Assuring reliability in soldered joints. *Tin Research Institute, No. 382.*
6. H. H. Manks. *Solders and Soldering*, McGraw-Hill, London.
7. A.S.T.M. Papers on Soldering. *Publication No. 319.*
8. *D.E.F. 938-B.S. 4025.*
9. *Electronic packaging and production* (1971) 7, No. 3 (Jun.).
10. E. Yamashita and S. Yamazake (1968). *IEE Trans.* (Nov.).
11. D. D. Grieg and H. F. Engleman (1952). *Proc. IRE,* 40.

8

METODE DE ÎNCAPSULARE ALE CIRCUITELOR MICROELECTRONICE

de L. A. Dyer

Acest capitol evidenţiază ce sînt circuitele microelectronice, cum sînt realizate modulele lor funcţionale precum şi metodele de montare şi interconectare a acestor module. Foarte puţine aplicaţii în domeniul echipamentelor de afişare ar putea justifica folosirea tehnologiei microelectronice numai prin necesitatea obţinerii unor dimensiuni mai mici. Motivul pentru care această tehnologie se aplică aşa de mult este legat de costul scăzut şi siguranţa mare în funcţionare. Contează de asemenea şi faptul că consumul de putere al acestor circuite este scăzut dar aceasta nu prezintă o importanţă la fel de mare în special pentru echipamentele aeropurtate. Fără îndoială cele mai reprezentative elemente ale microelectronicii sînt circuitele integrate (adică un număr de elemente de circuit interconectate pentru realizarea unei serii de operaţii, toate elementele fiind aşezate pe un substrat comun). Pentru echipamentele numerice există o serie variată de circuite integrate pe Si care sînt capabile să satisfacă toate cerinţele oricărui sistem.

Pentru multe aplicaţii analogice sînt necesare componente cu toleranţe mult mai strînse care trebuie să funcţioneze la putere mai mare. Circuitele integrate pe peliculă sînt cele care pot satisface aceste cerinţe. Foarte adesea este necesar ca în aceste module să fie incluse şi dispozitive active şi de aici noul concept al ansamblelor hibride care trebuie rezolvat de specialiştii în încapsulări. Aceste tehnologii se complementează una pe cealaltă.

Figura 8.1. prezintă familia circuitelor integrate şi modul în care acestea sînt interconectate pentru a le transforma în ansamble hibride. O apreciere detaliată asupra microelectronicii este dată de Kieonjian.

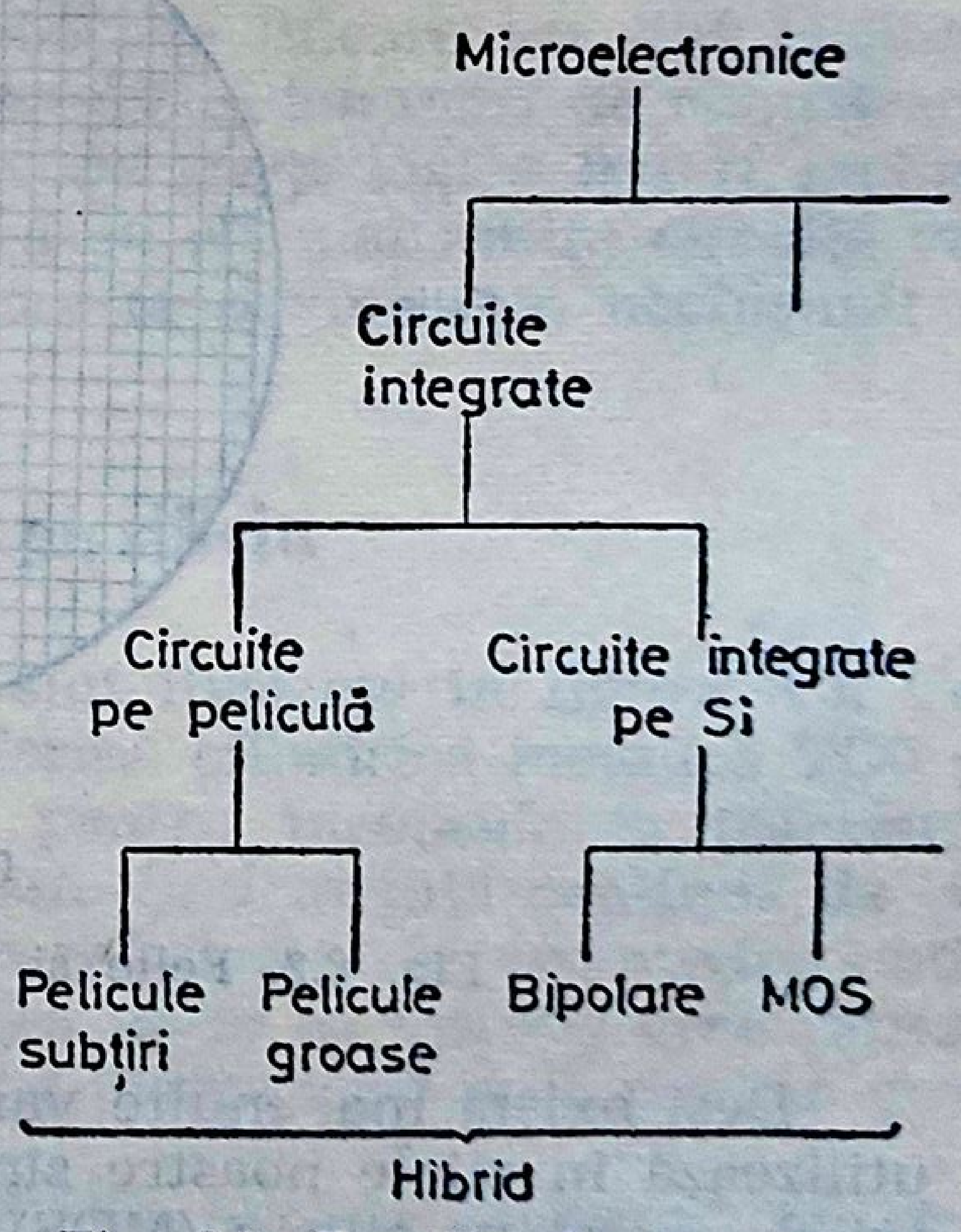


Fig. 8.1. Familia de circuite integrate.

Circuite integrate pe siliciu

De departe circuitele integrate pe siliciu sînt cele mai larg întîlnite circuite integrate semiconductoare (SIC).

Un „chip“ de SIC, ce poate să conţină 100 sau mai multe elemente active şi pasive este de mărimea unei gămălii de ac de cusut. Cînd „chip-ul“ este încapsulat, ansamblul obţinut îşi păstrează încă dimensiuni foarte reduse.

Ceea ce merită să fie semnalat este:

a) siguranţa în funcţionare mărită datorită condiţiilor controlate de mediu în care este realizată această capsulă precum şi datorită reducerii conexiunilor realizate pe cale manuală;

b) cantităţile mari în care sînt fabricate aceste ansamble, de unde preţul de cost mai mic decît cel necesar realizării unui număr echivalent de componente discrete.

Circuitele integrate pe siliciu care s-au dezvoltat pe baza tehnologiei tranzistorilor se bazează pe proprietăţile semiconductoare ale siliciului şi pentru realizarea lor se folosesc o serie de procese de fabricaţie ce vor fi descrise mai tîrziu. Principala diferenţă faţă de tehnologia de construcţie a tranzistorului este aceea că colectorii tranzistoarelor din circuitul integrat sînt izolate de masa „chipului“ de siliciu. Pentru a se evita încapsulări separate ale acestor tranzistori şi conexiunile pe cale manuală între numeroşi tranzistori dintr-un circuit integrat, ei sînt interconectaţi pe o felie de siliciu împreună cu diodele şi dacă este necesar împreună şi cu rezistenţele circuitului. Se obţine aşa numita structură monolitică sau aşa numitul circuit în stare solidă. După testare, folia de siliciu este tăiată în „chip-uri“ de circuite integrate gata pentru a fi încapsulate.

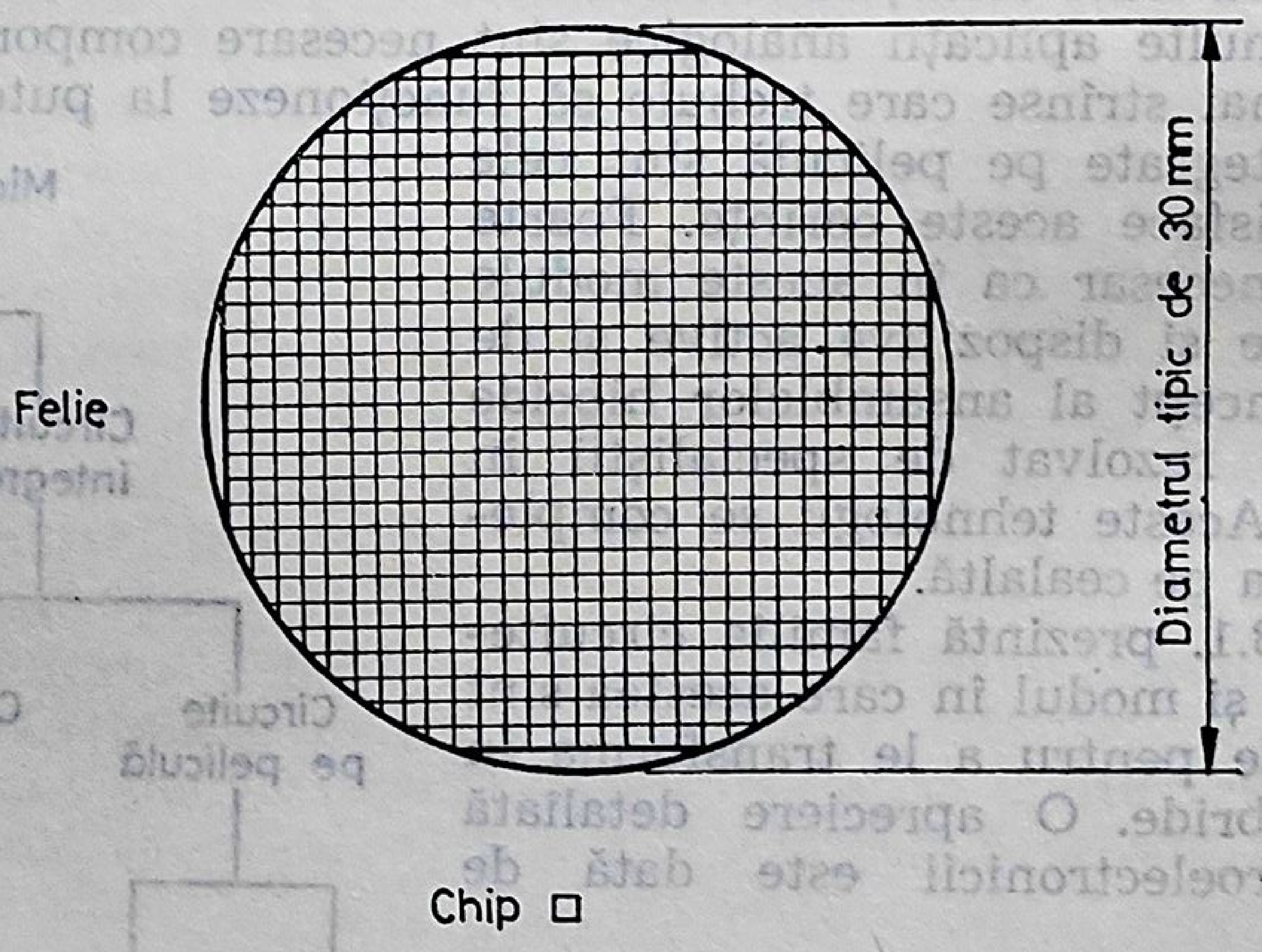


Fig. 8.2. Felie şi „chip“ de circuit integrat pe Si.

Deşi există mai multe variante, cele două tehnologii de bază care se utilizează în zilele noastre sînt: tehnologia bipolară şi tehnologia oxidului de metal pe siliciu (MOS). Ambele tipuri sînt concretizate în diverse familii logice, fiecare îndeplinind anumite cerinţe de parametri electrici și logici, ca de exemplu: viteza mare, consum redus de putere, impedanță scăzută și așa mai departe. Circuitele integrate MOS sînt relativ noi, sînt mai ușor și mai ieftin de confecționat și sînt folosite în realizarea unor funcțiuni mult mai complexe. Lucrările 2 și 3 din bibliografie constituie surse mai detaliate de informare asupra familiilor de funcții logice și asupra caracteristicilor electrice ale circuitelor integrate pe siliciu. În același circuit integrat pot fi incluși tranzistori cu diferiți parametri.

Există diverse modalități în care proiectantul de circuite poate să modifice schema circuitului pentru a obține performanțe optime din partea fiecărui component.

În procesul de tehnologie bipolară, rezistențele sînt confecționate în același timp cu tranzistorii (bazele lor), rezistența stratului fiind de 100 Ω pe mm². Lățimea unei fîșii rezistive poate fi de 12 μm așa că o valoare de 1 500 Ω se poate obține pe o lungime de material mai mică decît 0,2 mm. O fîșie sinuoasă este folosită pentru valori mari de pînă la 25 kΩ. Ca și în cazul circuitelor integrate, proiectantul poate specifica orice valoare într-un domeniu de valori dat, el netrebuind să aleagă dintr-un număr limitat. În multe aplicații de circuit, metoda cea mai convenabilă de confecționare a diodelor este aceea de a folosi geometriile standard ale tranzistorilor însă cu baza conectată la colector. Pot fi incluse în configurația circutelor integrate și condensatorii, dar aceștia ocupă suprafețe prea mari pentru a fi incluse în circuitul integrat respectiv.

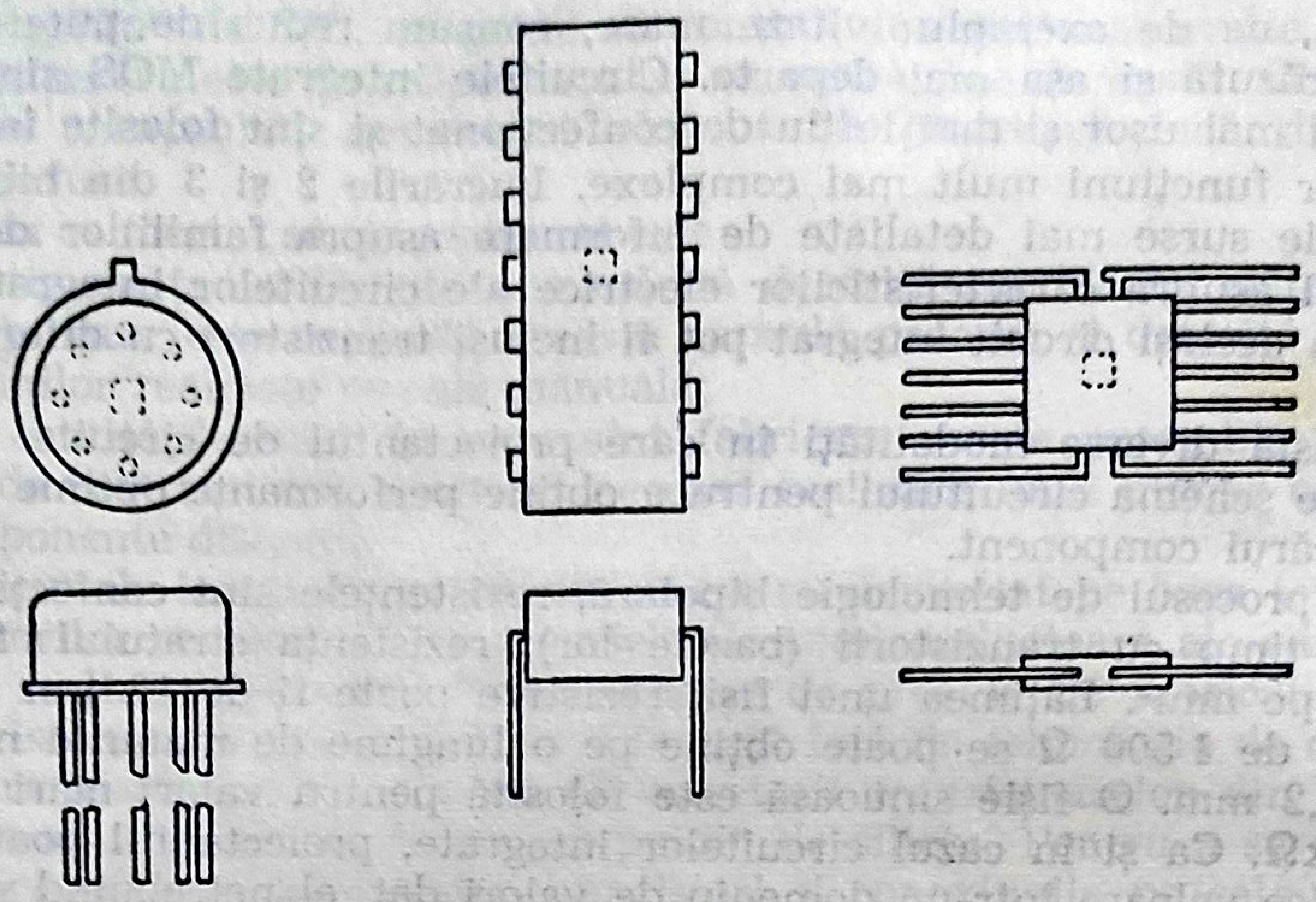
La ora actuală o familie întreagă de circuite digitale este disponibilă la prețuri mai mici de 0,50 lire.

Datorită aplicațiilor lor specifice, circuitele lineare nu sînt produse în serie mare și aceasta se reflectă prin prețurile lor mari de cumpărare. În ceea ce privește tehnologia MOS, sute de porți logice pot fi incluse într-un singur „chip". Este însă evident că cu cît mai multe circuite vor fi incluse într-un singur „chip" cu atît acesta devine mai neobișnuit și cu mai puține aplicații.

Încapsularea circuitelor integrate pe siliciu

Mai multe tipuri uzuale de capsule sînt ilustrate în figura 8.3. Cel mai vechi model de capsulă este cea de formă cilindrică metalică TO5 și TO18, asemănătoare cu modelul folosit pentru încapsularea tranzistorului dar avînd 8, 10 sau 12 piciorușe. Dată fiind cerința continuă de cît mai multe conexiuni cu exteriorul și cele referitoare la necesitatea obținerii unor capsule de volume mai mici, s-a ajuns la introducerea capsulelor plate, așa numite flatpack. Acestea au o suprafață de 8 mm², o grosime de 1 mm și un număr de 14 piciorușe.

Prețul ridicat al acestor capsule care sînt folosite împreună cu circuitele imprimate multistrat nu era semnificativ atunci cînd prețul



Capsulă rotundă   Capsulă cu piciorușe îndoite   Capsulă cu piciorușe plate

Fig. 8.3. Capsule pentru circuite integrate pe Si.

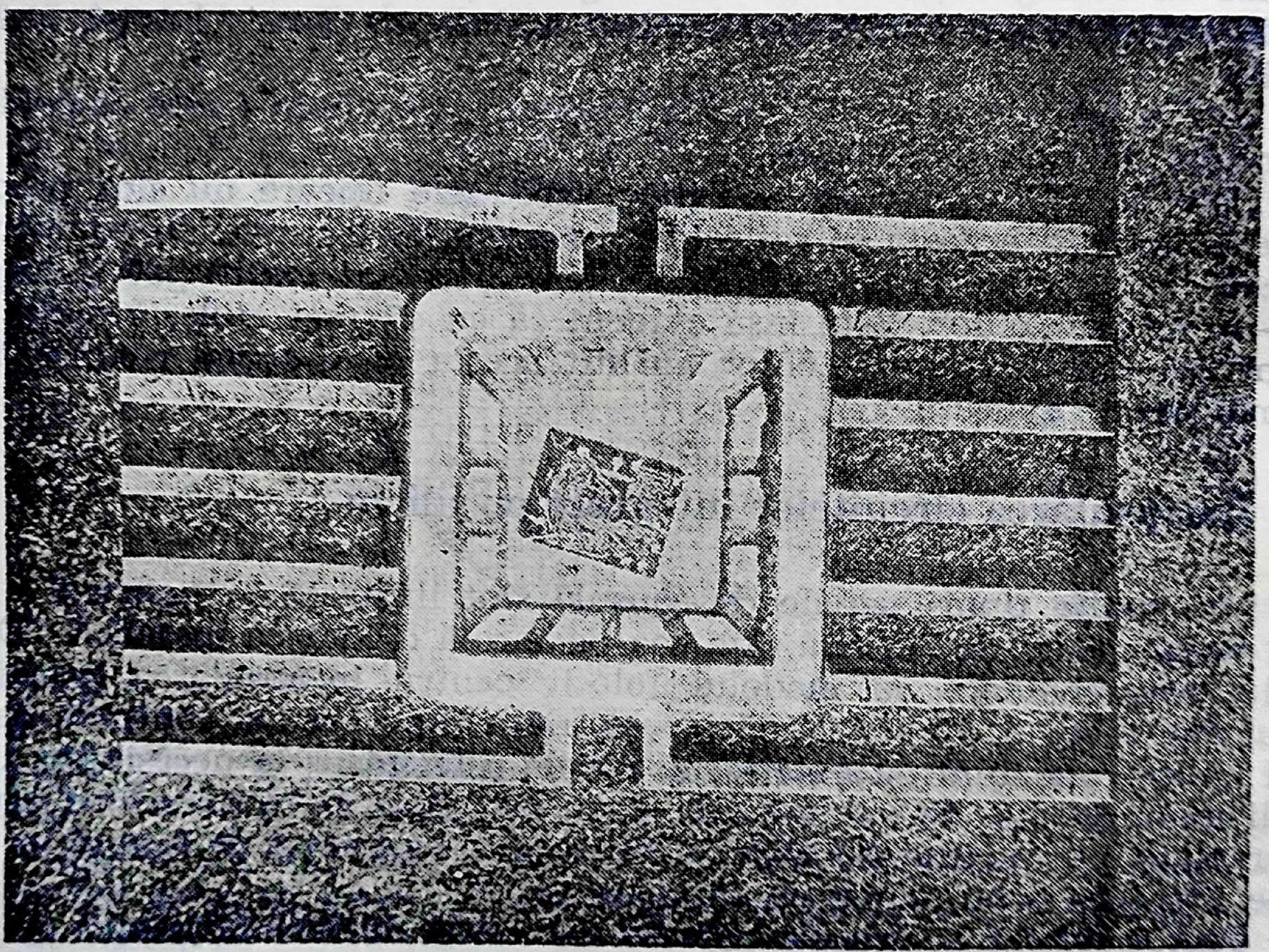


Fig. 8.4. Capsule plate, înaintea etanşeizării.

„chip“-urilor era foarte ridicat, dar cînd prețul „chip“-ului a scăzut iar circuitele integrate pe siliciu au început să fie folosite pe o scară din ce în ce mai largă, se cer capsule din cele mai ieftine, pentru satisfacerea considerentelor de natură economică.

Aceste cerințe au fost îndeplinite prin realizarea configurației „dual-in-line“ (capsule plate cu piciorușe îndoite) care este ieftină, și aplicabilă în producția de serie la sudarea componentelor pe plăcile cu circuite imprimate. Construcția unei astfel de capsule ceramice tip „dual-in-line“ este arătată în figura 8.5. Conexiunile dintre „chip“ și piciorușele capsulei sînt făcute prin lipirea pe „chip“ a unor fire din Al cu diametru

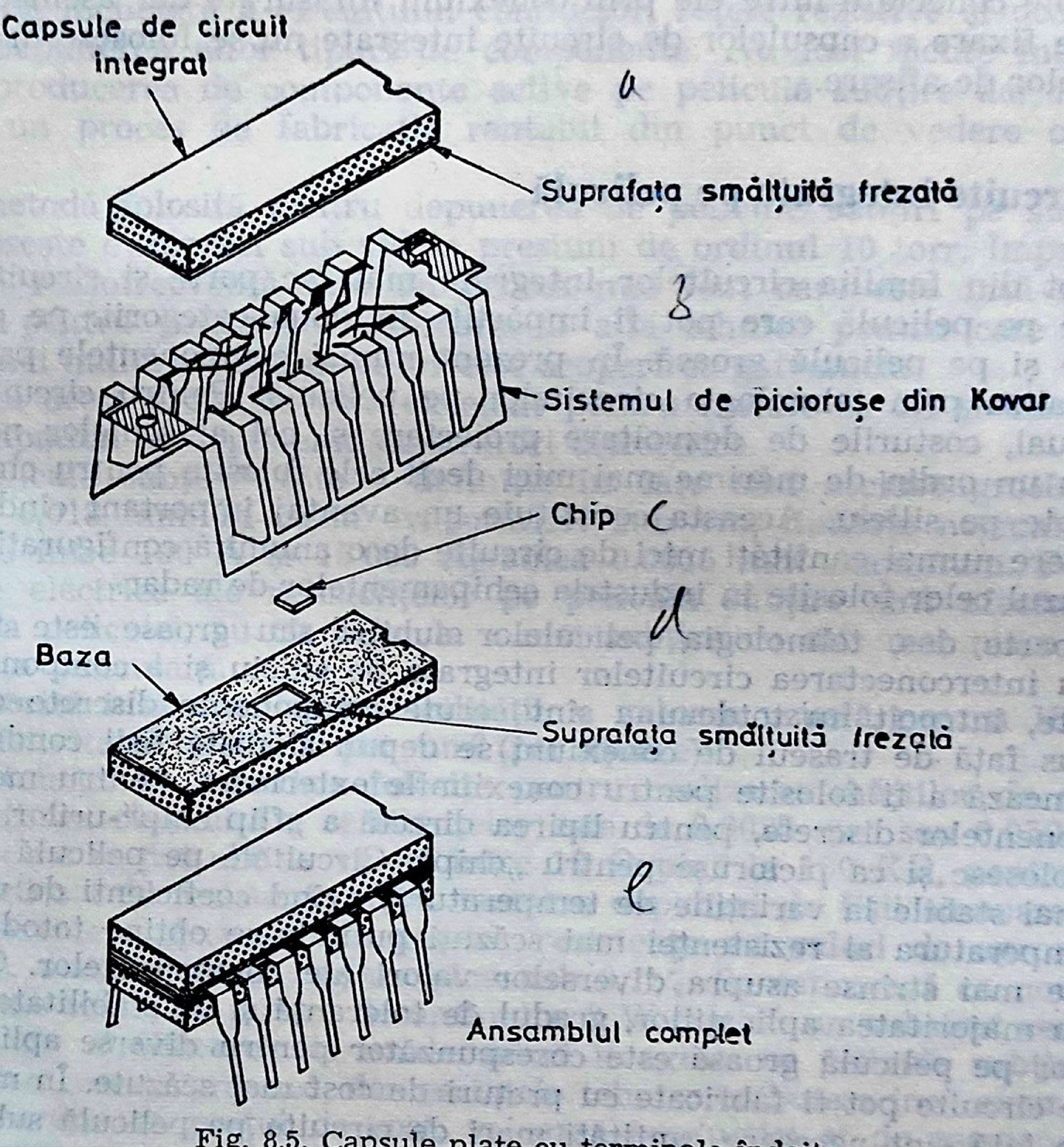

Capsule de circuit integrat
a
Suprafața smălțuită frezată
b
Sistemul de piciorușe din Kovar
Chip
c
d
Baza
Suprafața smălțuită frezată
e
Ansamblul complet

Fig. 8.5. Capsule plate cu terminale îndoite.

0,025 mm înaintea lipirii suprafețelor emailate într-un ansamblu ermetic. Capsula standard are 14 piciorușe dar se folosesc și capsule cu mai multe piciorușe acestea din urmă putînd conține mai multe chip-uri. Se speră ca aceste capsule plastice de formă plată cu piciorușe plate sau cu picioruşe îndoite să fie produse chiar mai ieftin decît cele ceramice, atunci cînd volumul comenzilor va fi suficient de mare pentru a amortiza costul mai ridicat al sculelor şi uneltelor de fabricaţie. Aceasta însă nu va avea loc pînă cînd utilizatorii de circuite integrate nu se vor convinge că capsulele din plastic asigură aceeaşi protecţie faţă de mediul înconjurător ca şi capsulele ceramice sau cele metalice.

Mai mult de 90% din circuitele integrate pe siliciu sînt furnizate în unul din cele 3 tipuri de capsule în vederea fixării lor pe plachetele cu circuite imprimate. Ele pot fi de asemenea folosite fixate în diverse variante constructive speciale ca de exemplu modulul Cordwood sau ansamble conectate între ele prin conexiuni înfăşurate dar asemenea metode de fixare a capsulelor de circuite integrate nu se folosesc în tehnica sistemelor de afişare.

Circuite integrate pe peliculă

Tot din familia circuitelor integrate mai fac parte şi circuitele integrate pe peliculă care pot fi împărţite în două categorii: pe peliculă subţire şi pe peliculă groasă. În prezent numai componentele pasive se pot realiza prin tehnologia circuitelor pe peliculă. Pentru circuitele de tip uzual, costurile de dezvoltare proiectare şi cel al sculelor necesare sînt cu un ordin de mărime mai mici decît cele folosite pentru circuitele integrate pe siliciu. Aceasta constituie un avantaj important cînd se au în vedere numai cantităţi mici de circuite de o anumită configuraţie, cum este cazul celor folosite în industria echipamentelor de radar.

Foarte des, tehnologia peliculelor subţiri sau groase este folosită pentru interconectarea circuitelor integrate pe siliciu şi a componentelor discrete, întrucît nu totdeauna sînt cerute componente discrete depuse. În plus faţă de traseul de conexiuni se depun şi nişte fîşii conductoare ce urmează a fi folosite pentru conexiunile exterioare, pentru montarea componentelor discrete, pentru lipirea directă a „flip chip"-urilor. Ele se mai folosesc şi ca picioruşe pentru „chip". Circuitele pe peliculă subţire sînt mai stabile la variaţiile de temperatură, avînd coeficienţi de variaţie cu temperatura ai rezistenţei mai scăzuţi putîndu-se obţine totodată toleranţe mai strînse asupra diverselor valori ale componentelor. Oricum pentru majoritatea aplicaţiilor, gradul de toleranţă şi de stabilitate a circuitelor pe peliculă groasă este corespunzător pentru diverse aplicaţii şi aceste circuite pot fi fabricate cu preţuri de cost mai scăzute. În momentul de faţă sînt necesare cantităţi mari de circuite pe peliculă subţire şi groasă pentru a se evidenţia avantajele de preţ de cost faţă de ansamblele echivalente cu circuite discrete. Oricum, estimările nu vor fi semnificative dacă caracteristicile de proiectare, performanţele şi compactitatea circuitelor pe peliculă vor trebui să satisfacă în întregime specificaţiile tehnice. Mai mult situaţia economică este în continuă schimbare odată cu introducerea unor tehnici noi de producție și pe măsură ce o producție de serie mare pune problema folosirii mai intense a facilităților de producție.

Circuitele pe pelicule subțiri

Tehnologia peliculei subțiri este folosită în producerea de componente discrete și de circuite integrate pe siliciu, dar în acest capitol se va lua în considerare numai aplicarea ei în cazul substraturilor de sticlă sau ceramice, pentru realizarea diferitelor configurații de interconexiuni, conexiuni de încheiere a circuitului conductor, rețele rezistive și ocazional pentru depunerea altor tipuri de componente. Au fost făcute încercări pentru producerea de componente active pe peliculă subțire dar nu s-a obținut un proces de fabricație rentabil din punct de vedere comercial.

O metodă folosită pentru depunerea de pelicule subțiri pe substraturi folosește evaporări sub vid la presiuni de ordinul 10 torr. Împrăștierea prin radiofrecvență este un proces mai lent care este însă uneori preferat pentru peliculele izolatoare. O altă tehnică pentru care se va acorda mai multă atenție în viitor este acoperirea galvanică.

Dacă acest procedeu este excelent pentru metale ca Ni și Cu el nu este compatibil cu depunerea de straturi dielectrice.

„Pelicula subțire“ este o definiție în care sînt incluse grosimi de pînă la 0,013 mm. În cazul evaporărilor sub vid, limitele normale sînt cuprinse între 100 Å și 15 000 Å, adică 0,0015 mm maximum. Performanțele electrice ale rezistențelor pe peliculă subțire sînt afectate de grosimea peliculei, cu cît pelicula e mai subțire cu atît mai mare fiind rezistența peliculară.

Datorită însă riscului instabilității, o valoare uzuală pentru Nicrom este rezistivitatea de 200 Ω per mm^2 (per square).

În funcție de metodele folosite pentru realizarea măștilor de depunere, lățimea obișnuită a rezistențelor este de 0,0025 mm sau 0,050 mm, pentru care se pot obține valori între 10 Ω pînă la 100 KΩ, pentru valorile ridicate de rezistențe fiind necesare depuneri de fîșii sinuoase.

Toleranțele electrice ale acestor rezistențe au valori de aproximativ 10%, dar ele pot fi reglate pînă sub 0,1%. Se estimează ca normală o disipație totală de putere de ordinul a 2 W pentru un substrat ceramic de 25 mm^2. Producerea de condensatori integrați pe pelicule subțiri reprezintă o cerință practică, dar cerințele tehnice trebuiesc însă examinate în comparație cu prețul de cost, valoarea producției și de asemenea în comparație cu soluția folosirii condensatorilor discreți.

Materialele folosite în mod normal pentru procesul de evaporare sub vid sînt plăcile de aluminiu avînd ca dielectric monoxidul de siliciu, cu care se obțin valori ale capacității de ordinul 10 000 pF/cm^2. Domeniul toleranțelor parametrilor electrici este de aproximativ 20% dar se pot folosi procedee de reducere sub 1%. Conductorii sînt realizaţi din Aur, cu care se realizează o rezistenţă de aproximativ 0,1 Ω per mm^2. Dacă sînt necesare conductivităţi mai mari printr-un proces de evaporare continuă se confecţionează un conductor mai gros din aluminiu pentru a se obţine o rezistenţă de 0,035 Ω per mm^2. Acesta este procedeul de confecţionare a coloanelor de Aluminiu pentru lipirea cu ultrasunete a flip-chip-urilor unde dimensiunile conductorului (piciorușului) sînt de 0,013 grosime şi 0,1 mm lăţime.

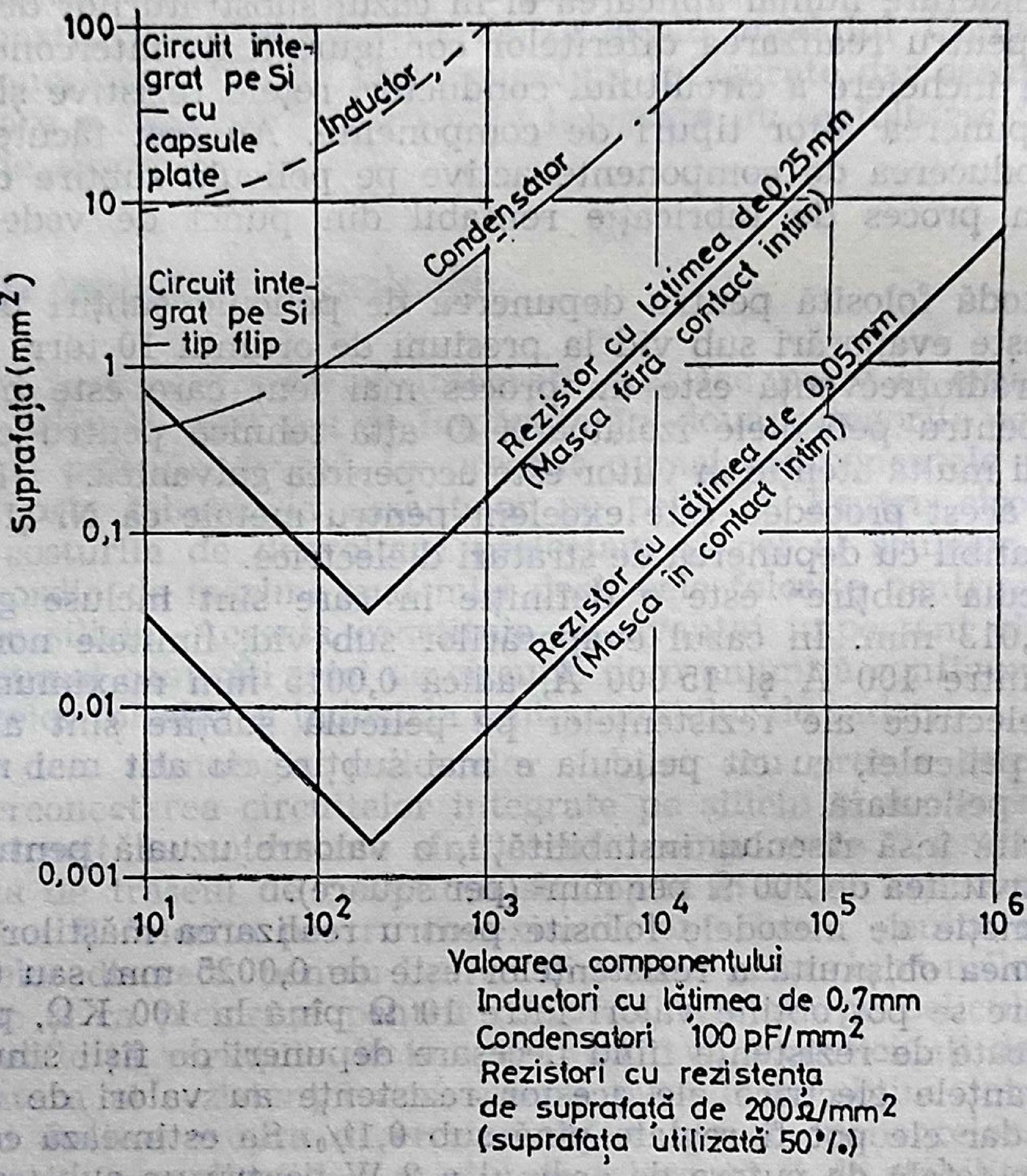


Fig. 8.6. Suprafaţa substratului funcţie de valoarea componentului (pelicule subţiri).

Dacă se cer inductori integraţi pe peliculă subţire, se acoperă configuraţia respectivă cu Aur cu o grosime de 0,13 mm pentru obţinerea de inductanţe de 1 µF şi Q=50 pentru 30—200 MHz.

O comparaţie a diferitelor suprafeţe ale substratului, pentru depunerea de diferite componente este prezentată în figura 8.6.

Un material relativ recent folosit pentru peliculele subţiri este tantalum pulverizat. Acest material este foarte potrivit pentru condensatori, la care dielectricul se realizează prin oxidarea anodică a tantalului. De asemenea pe acest material se pot confecţiona rezistori cu valori mari şi mici ale rezistenţei.

Circuite pe pelicule groase

Există o mică diferenţă între costurile de proiectare al circuitului pe peliculă subţire faţă de cele pe peliculă groasă, dar acestea din urmă pot fi confecţionate la preţuri de cost mai scăzute datorită faptului că procedeele folosite pentru peliculele groase sînt mai uşor de mecanizat. Pentru cantităţi de peliculă rezonabil de mari, o serie de reţele rezistive şi interconexiunile lor pot fi depuse pe substrate ceramice la un preţ de cost competitiv cu preţul unor ansamble echivalente de rezistenţe discrete de bună calitate.

În esenţă, procedeul peliculei groase constă din cernerea cernelei de imprimare pe substrat printr-o sită fină, de o configuraţie dată şi apoi introducerea substratului într-un cuptor cu zone de temperatură controlate. Cernelurile conţin particule de metal, sticlă sinterizată şi un liant pe bază de răşină care este eliminat în procesul de coacere (încălzire).

Dispersiile de material nobil care sînt folosite fiind stabile din punct de vedere electric, nu se vor oxida şi vor putea rezista la temperaturi de ardere mai mari de 750°C. Deşi un număr mare de compoziţii de cerneluri rezistive pot fi folosite pentru a se obţine strict rezistivităţi de la cîţiva Ω pînă la $1\ M\Omega$ per mm^2, totuşi producătorii de circuite încearcă să limiteze numărul de tipuri de cerneluri folosite la mai puţin de 3, pentru orice substrat.

Principalul motiv al acestei limitări este acela de a se evita prea multe modificări ale zonelor de temperatură, prea multe introduceri în cuptor, dat fiind faptul că diferitele cerneluri necesită diferite temperaturi de prelucrare. Folosirea în întregime a diverselor variante a fiecărei cerneli poate conduce la obţinerea de diferite valori de rezistenţe prin modificarea coeficientului geometric între limite de la 0,2 la 10. Toleranţa parametrilor electrici ai rezistorilor depuşi este de 10—15%, însă se poate ajusta să devină mai mică de 1%.

Compoziţiile tipice de cerneluri conductoare sînt aur, paladiu, argint şi platină-aur caracterizat prin rezistivitate superficială de 10,40 şi $100\ m\Omega/mm^2/0{,}0254$ mm. (Conductorii sînt depuşi în mod normal, pentru a realiza grosimi ale peliculei de la 0,0527 mm la 0,038 mm). Pentru o producţie economică sînt de preferat lăţimile conductorilor de ordinul 0,254 mm şi mai mult, dar liniile scurte cu o lăţime şi o distanţă între ele de 0,127 mm sînt de asemenea acceptate. Un alt material important care se foloseşte la depunerea peliculelor groase este smalţul dielectric ca de exemplu bioxid de titan. Acest smalţ este esenţial în realizarea de treceri conductoare şi de depuneri multistrat. A fost de asemenea folosit ca dielectric pentru condensatori dar pînă în prezent s-au realizat progrese nesemnificative în producerea de condensatori pe peliculă groasă. În ceea ce priveşte căile de trecere dielectrice, procesul de fabricaţie e bine pus la punct obţinîndu-se ritmuri foarte înalte ale producţiei. Odată cu tehnica de imprimare complementară s-a ajuns la apariţia unui salt calitativ în producerea de multistraturi. Efectul micşorării cîmpului se evită prin imprimarea inversată şi umplerea spaţiului dintre conductori cu material smălţuit. Se obţine o suprafaţă relativ plată, adecvată pentru imprimarea următorului strat conductor. Este posibil să se depună şi inductori pe pelicule groase dar există un număr de limitări. Inductanţele maxime ce se pot obţine practic au valori mai mici de 1 μH cu un Q de pînă la 60 pentru 160 MHz şi ea se realizează utilizînd Aur sau alte cerneluri cu o rezistivitate superficială scăzută. Mai multe informaţii asupra tehnologiei peliculelor pot fi găsite la punctul 7 din bibliografie.

Substraturile pentru circuitele integrate pe peliculă

Peliculele groase sînt totdeauna depuse pe substraturi ceramice iar peliculele subţiri pe sticlă sau ceramică. Sticla are mai multe dezavantaje, principala fiind aceea că prezintă o conductivitate termică scăzută. Întrucît pentru evaporarea sub vid a peliculelor subţiri este necesară o suprafaţă plată şi netedă şi cum actualmente se pot produce suprafeţe ceramice acceptabile şi din punct de vedere economic, sticla este din ce în ce mai puţin folosită drept substrat. Dintre numeroasele materiale ceramice adecvate pentru folosirea ca substraturi, Al_2O_3 este relativ cea mai ieftină şi cu cele mai multe proprietăţi. Plăcile cu o suprafaţă de 75—125 mm^2 şi grosimi de 1/2—1 mm sînt obţinute prin presare şi apoi coacere. După aceea sînt tăiate la dimensiuni de ordinul 25 mm×25 mm. Pentru circuitele pe pelicule groase, sînt necesare suprafeţe cu un grad de rugozitate de ordinul 350—1 000 μm şi cu o toleranţă de grosime de ordinul 0,05 mm/cm. Pentru circuitele pe pelicule subţiri aceste cifre trebuie să fie mult îmbunătăţite trebuind să ajungă 250 μm şi respectiv 0,01 mm/cm în care scop se folosesc o serie de operaţii de rectificare urmate uneori de smălţuire, ambele operaţii fiind deosebit de costisitoare. Smălţuirea umple o serie de zgîrieturi minore ca adîncime, dar dacă grosimea smalţului depăşeşte 0,05 mm atunci se înrăutăţeşte conductivitatea termică a substratului.

Preţul de cost al substraturilor ceramice depinde în special de gradul de finisare cerut pentru suprafaţă, care dacă se obţine printr-un proces de coacere costă o fracţiune de penny pe cm^2.

Rectificarea nu constituie o operaţie tehnologică pentru o producţie de serie mare aşa că pentru substraturi cu un grad foarte mare de finisare al suprafeţei obţinut prin folosirea acestui procedeu costul va fi mai mare de 1 penny. Orice prelucrare mecanică suplimentară necesară de exemplu pentru obţinerea de găuri pentru conductori, fante şi forme neregulate necesită cantităţi suplimentare de material pentru substrat pentru ca la coacere să se obţină dimensiunile standard cerute pentru substraturi. Prelucrarea mecanică a substraturilor din sticlă este nepractică. Costul borosilicatului de sticlă aşa cum este folosit pentru circuitelor pe pelicule subţiri este comparabil cu cel al unui circuit pe pelicule subţiri ceramice.

Încapsularea circuitelor integrate pe pelicule

Pentru circuitele integrate pe pelicule nu există nici un tip standard acceptat de capsulă. Motivele se datoresc printre altele gradului relativ mic de utilizare a acestor circuite, diversitatea aplicaţiilor şi neexistenţa unor mari producători în acest domeniu. Capsulele tipice pentru peliculele subţiri şi groase sînt ilustrate în figurile 8.7 şi 8.8. Datorită micilor goluri electrice pe circuitele pe peliculă şi a sensibilităţii acestor materiale la acţiunea agenţiilor atmosferici, este esenţială asigurarea unei protecţii faţă de condiţiile de mediu atît pentru circuitele cu pelicule subţiri cît şi pentru cele cu pelicule groase.

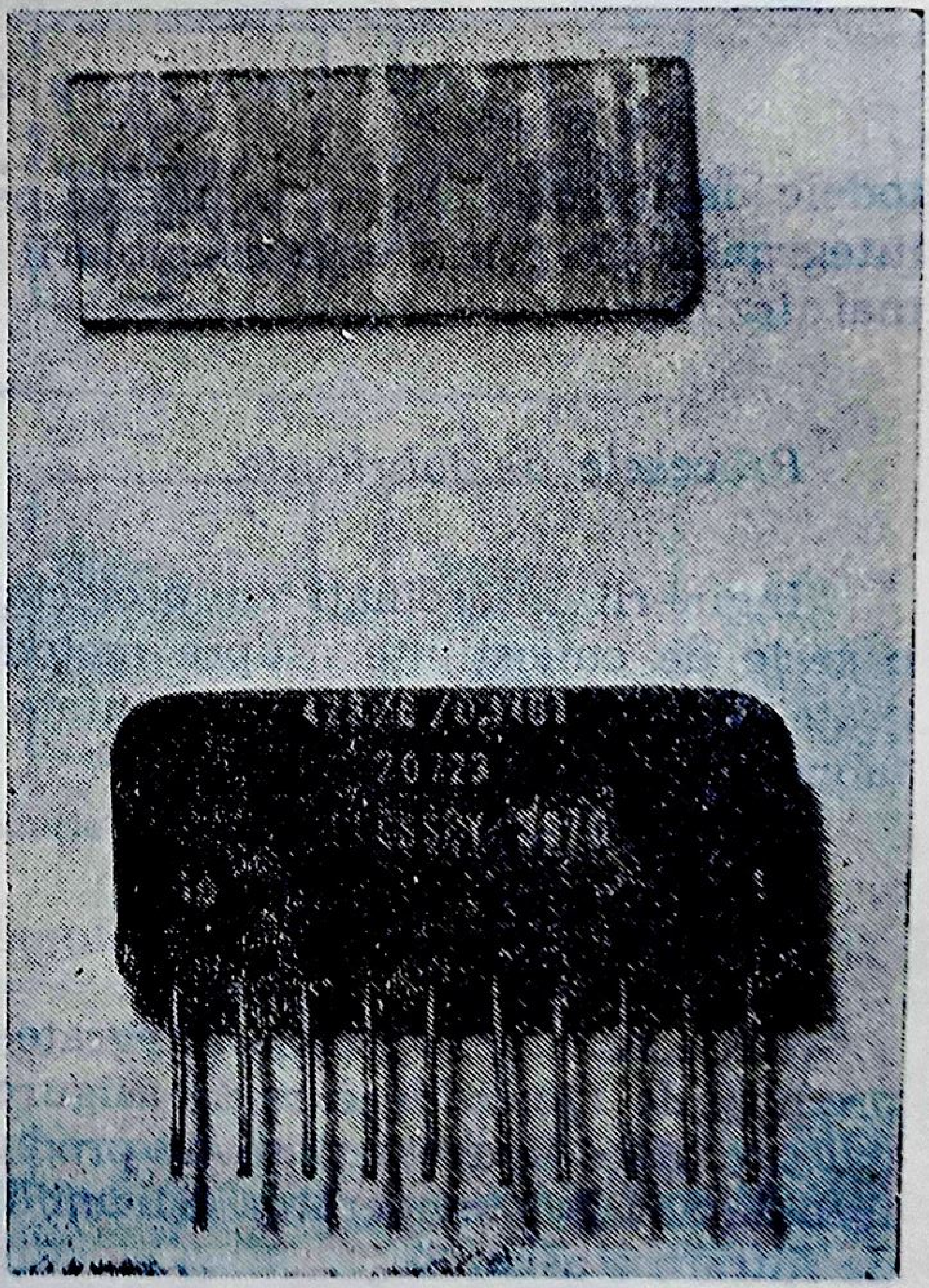


Fig. 8.7. Capsule pentru circuitele de peliculă subţire.

Pentru echipamentul militar și cel profesional, se folosesc capsule metalice etanșate cu sticlă. Plasticul este adecvat pentru multe aplicații și deși se înregistrează mici progrese în rezolvarea unora din deficiențe el nu dă încă satisfacții pentru folosirea în condiții climaterice severe. Metodele de încapsulare a circuitelor pe peliculă subțire și groasă fac parte integrantă din tehnologia asamblării hibride și vor fi analizate în detaliu mai tîrziu.

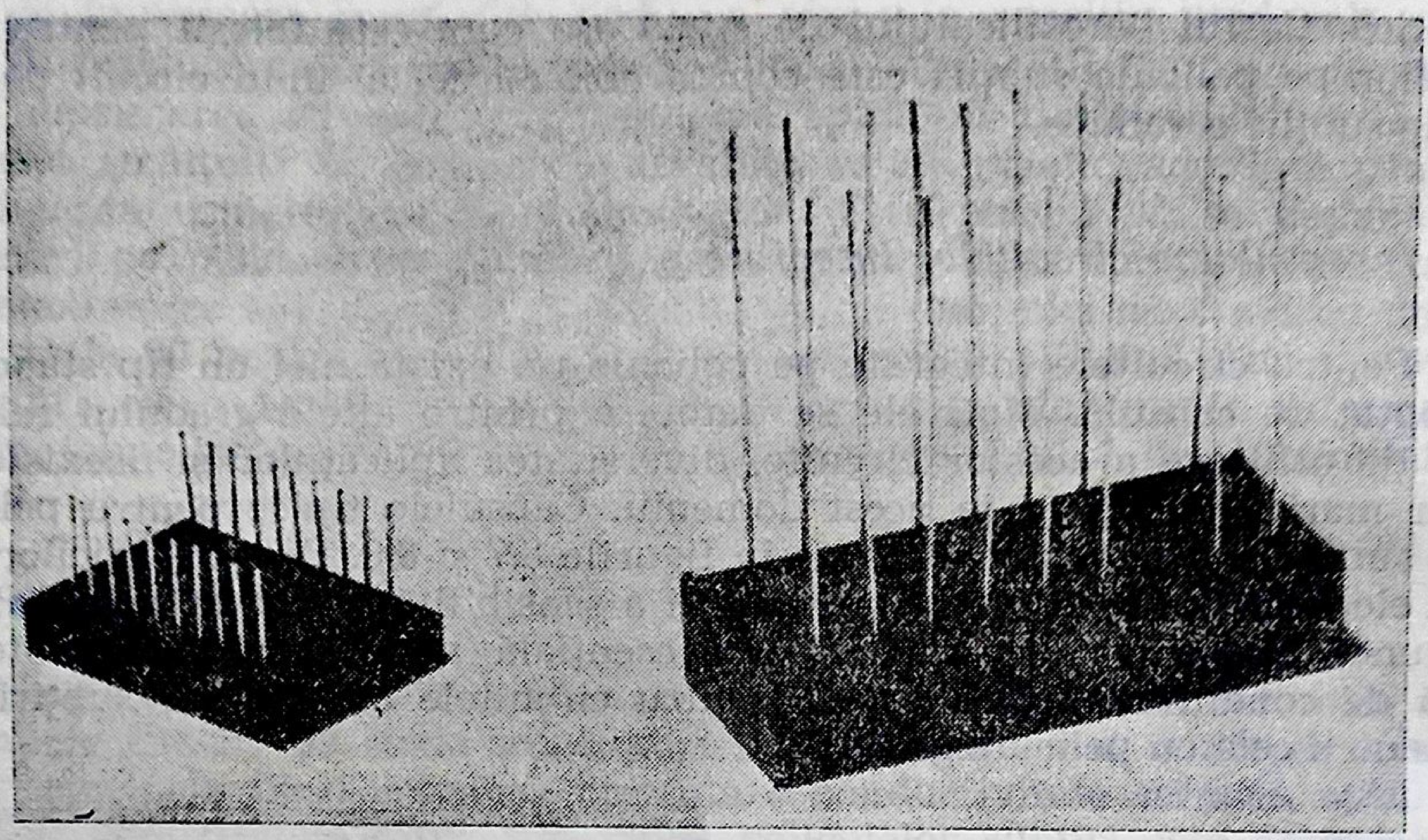


Fig. 8.8. Capsule pentru circuite pe peliculă groasă.

Procesele de fabricație

Inginerii însărcinați cu proiectarea de echipamente trebuie să aibă o serie de cunoștiințe asupra metodelor de fabricație a circuitelor integrate. În continuare sînt prezentate pe scurt o serie din procedeele de fabricație cele mai uzual folosite.

Circuite integrate pe siliciu

Realizarea circuitelor integrate pe siliciu necesită existența unor premise de fabricație care să asigure condiții de curățenie extremă pentru suprafețe foarte întinse de producție. Întreaga suprafață de producție trebuie să aibă temperatură și umiditate controlată cu un sistem special de filtrare a aerului.

Este mult mai economic de a avea sisteme de curgere laminară a aerului pentru întreaga suprafață. Aparatele fotografice de precizie sînt strict necesare pentru realizarea măștilor iar aparatura și echipamentele folosite pentru prepararea de fîșii, pentru difuzie, pentru fotogravare, pentru metalizarea conductorilor, asamblare și testare trebuie să fie de cea mai înaltă calitate. Muncitorii trebuie să capete o specializare adecvată și să respecte întocmai procedeele tehnologice de fabricație. Se impune menținerea unui standard înalt al controlului de calitate.

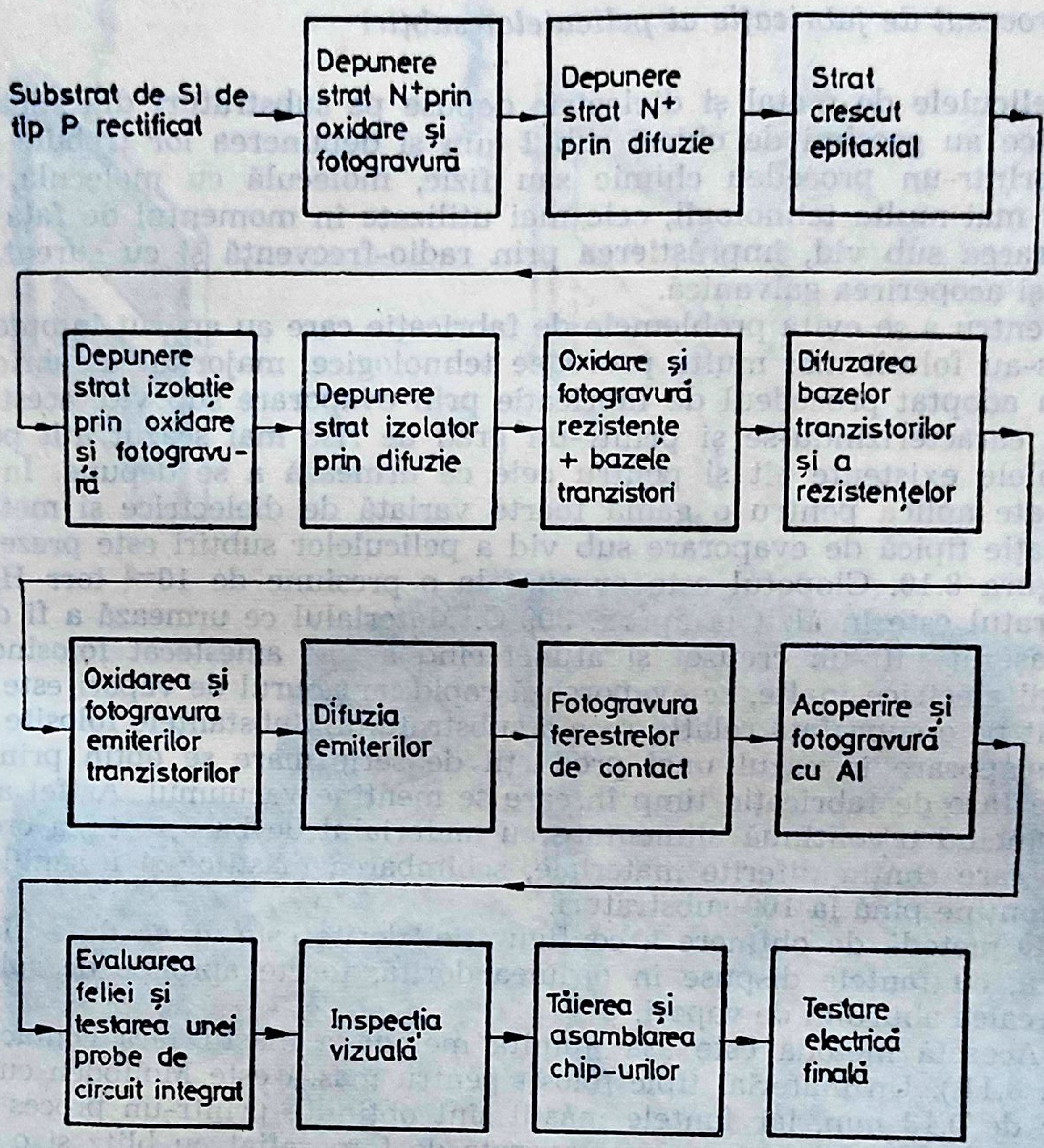

Substrat de Si de tip P rectificat
Depunere strat N⁺prin oxidare și fotogravură
Depunere strat N⁺ prin difuzie
Strat crescut epitaxial
Depunere strat izolație prin oxidare și fotogravură
Depunere strat izolator prin difuzie
Oxidare și fotogravură rezistențe + bazele tranzistori
Difuzarea bazelor tranzistorilor și a rezistențelor
Oxidarea și fotogravura emiterilor tranzistorilor
Difuzia emiterilor
Fotogravura ferestrelor de contact
Acoperire și fotogravură cu Al
Evaluarea feliei și testarea unei probe de circuit integrat
Inspecția vizuală
Tăierea și asamblarea chip-urilor
Testare electrică finală

Fig. 8.9. Diagrama fluxului de fabricație al circuitelor integrate pe Si.

Figura 8.9. prezintă o diagramă a fluxului de producție pentru circuitele integrate bipolare pe siliciu. Detalii asupra procedeului de fabricație pot fi găsite în cartea lui Keonjian. Costul organizării unei suprafețe de fabricație pentru semiconductori se reduce la cîteva sute de mii de lire sterline, datorită faptului că majoritatea fabricanților cumpără echipamentele de fabricație în loc de a le realiza prin autoutilare.

Procesul de fabricație al peliculelor subțiri

Peliculele de metal și dielectric depuse pe substraturi din sticlă sau ceramice au grosimi de obicei sub 1 µm și depunerea lor trebuie realizată printr-un procedeu chimic sau fizic, moleculă cu moleculă. S-au folosit mai multe tehnologii, cele mai utilizate în momentul de față fiind evaporarea sub vid, împrăștierea prin radio-frecvență și cu curent continuu și acoperirea galvanică.

Pentru a se evita problemele de fabricație care au apărut întotdeauna cînd s-au folosit mai multe procedee tehnologice, majoritatea fabricanților au adoptat procedeul de fabricație prin evaporare sub vid, acest procedeu caracterizîndu-se și printr-un grad de risc mai scăzut atît pentru peliculele existente cît și pentru cele ce urmează a se depune. În plus se poate aplica pentru o gamă foarte variată de dielectrice și metal. O instalație tipică de evaporare sub vid a peliculelor subțiri este prezentată în figura 8.10. Clopotul este evacuat la o presiune de 10^{-5} torr Hg iar substratul este încălzit la aprox. 300°C. Materialul ce urmează a fi depus este așezat într-un creuzet și atunci cînd a fost amestecat folosindu-se energii electrice înalte, se evaporează rapid iar aburul de vapori este condensat pe o suprafață relativ rece a substratului. Substanțele folosite pentru evaporare în cazul unei producții de serie mare se obțin prin mai multe faze de fabricație timp în care se menține vacuumul. Astfel aceste faze includ o continuă alimentare cu materialul de bază, rotirea creuzetelor care conțin diferite materiale, schimbarea măștilor și a săniilor ce pot conține pînă la 100 substraturi.

O metodă de obținere a configurației dorite este aceea de a plasa o mască, cu fantele dispuse în ordinea dorită, foarte aproape de substrat și în calea aburului de vapori.

Această metodă este așa numita metodă a măștii fără contact (figura 8.11.). Un material tipic folosit pentru mască este Molibden cu grosime de 0,13 mm, iar fantele măștii sînt obținute printr-un proces fotolitografic, care folosește uneori aparate de fotografiat cu blitz și o masă cu deplasări controlate prin program.

Măștile metalice pot fi folosite pentru sute de depuneri dar au anumite limitări; de exemplu, cu ele nu realizează o depunere precisă a liniilor din care cauză nu sînt folosite pentru obținerea unor configurații complicate. Metodele ce folosesc mascare cu contact realizează o definire precisă a liniilor și deci toleranțe de precizie mai strînse, din care cauză se pot folosi pentru obținerea unor configurații mai complicate (fig. 8.12). Materialul ce urmează a fi evaporat este depus peste întreaga suprafață a substratului. După ce a fost scos din instalația de evaporare se aplică o

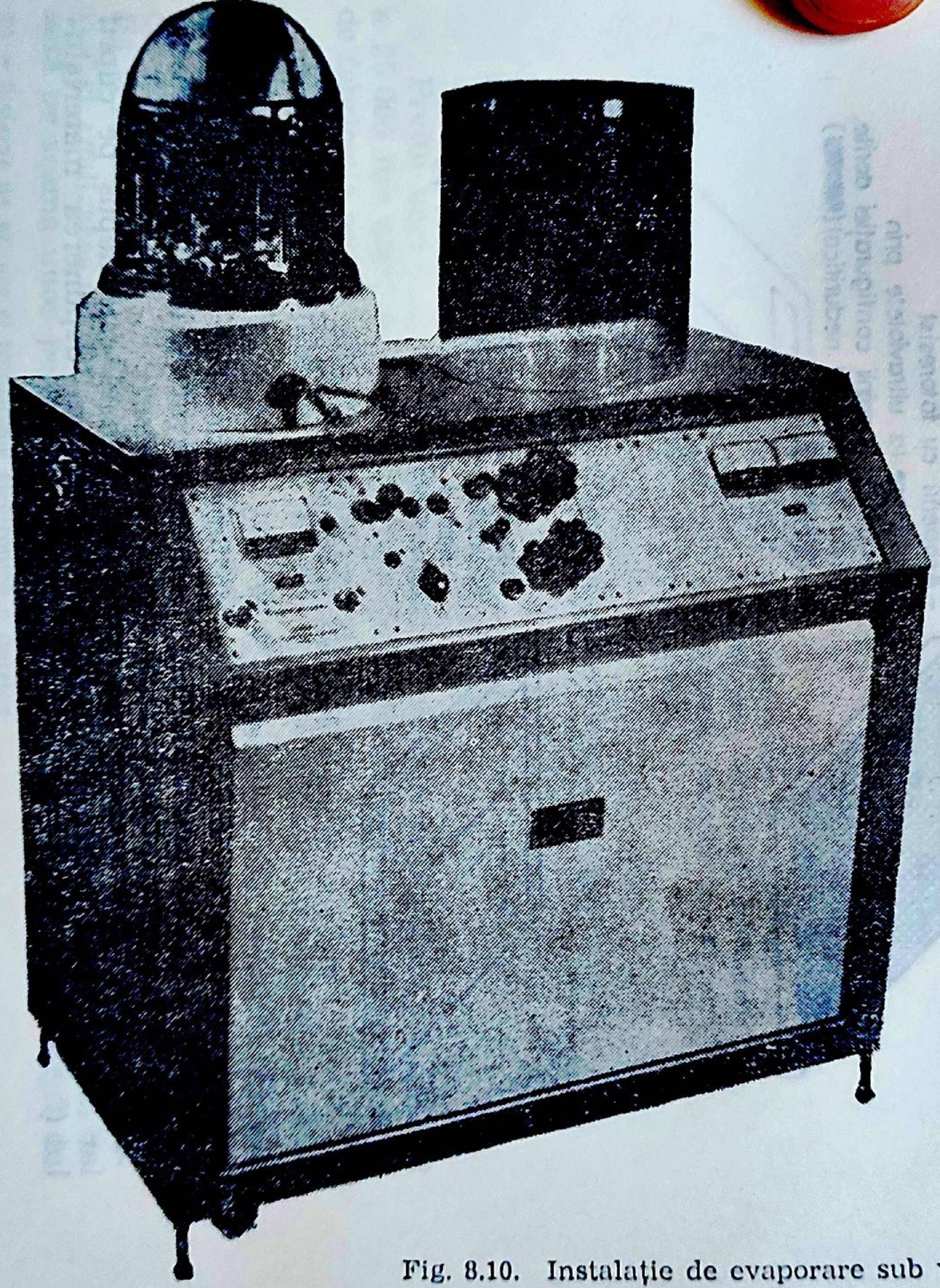


Fig. 8.10. Instalaţie de evaporare sub vid.

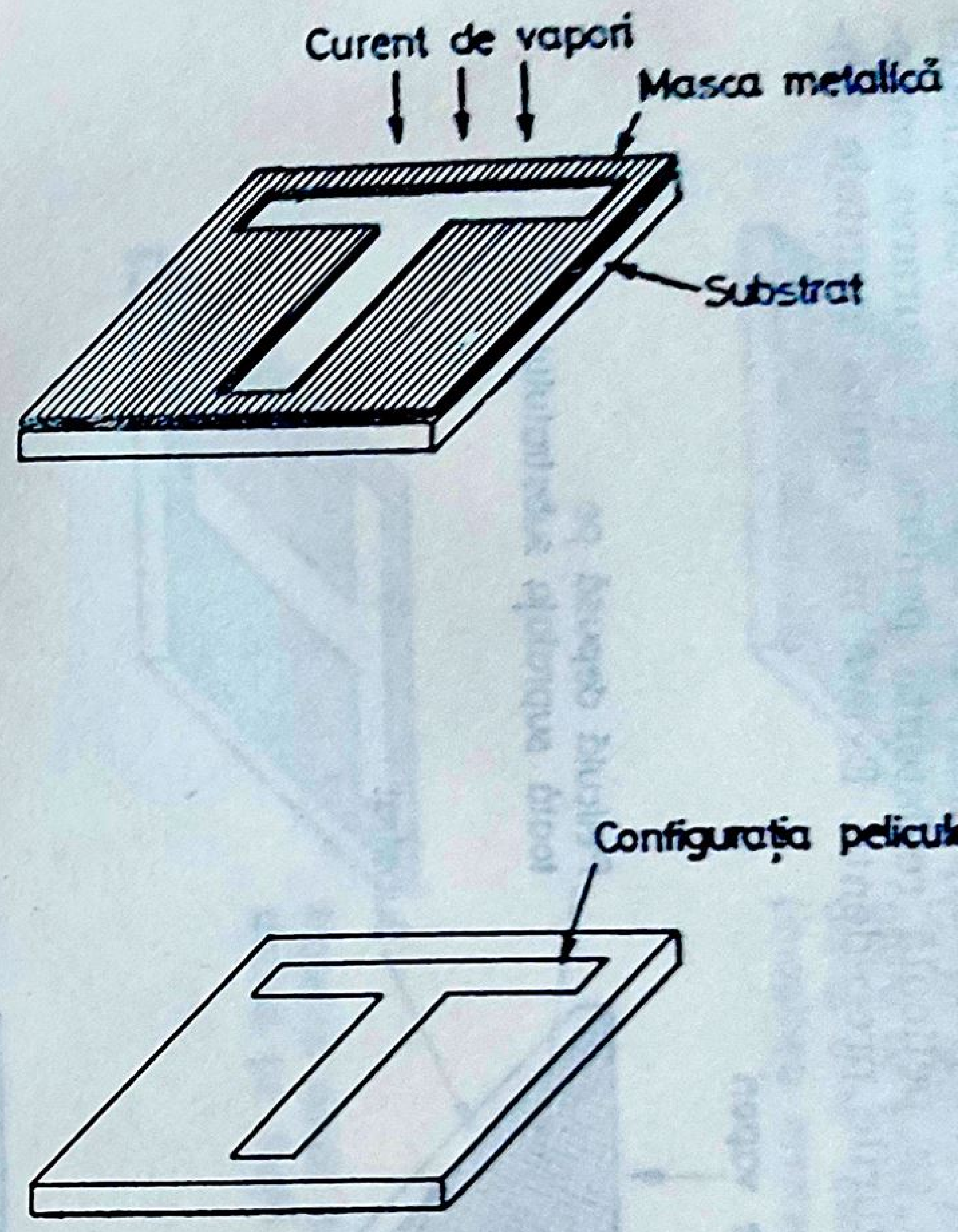

Curent de vapori
Masca metalică
Substrat
Configuraţia peliculei depuse

Fig. 8.11. Tehnica mascării fără contact pe pelicule subţiri.

peliculă foto rezistivă iar materialul nedorit este atacat şi eliminat. Procesul se repetă şi pentru celelalte depuneri, în unele cazuri depunerile precedente fiind folosite ca peliculă rezistentă pentru înlăturarea materialului nedorit din straturile precedente. Există mai multe avantaje tehnice în aplicarea acestei metode dar este evident că procesele de fotogravare suplimentare măresc costul de fabricaţie al circuitelor pe peliculă subţire. O serie de materiale sînt greu de gravat şi de aceea se folosesc o serie de variante ale metodei precedent descrise.

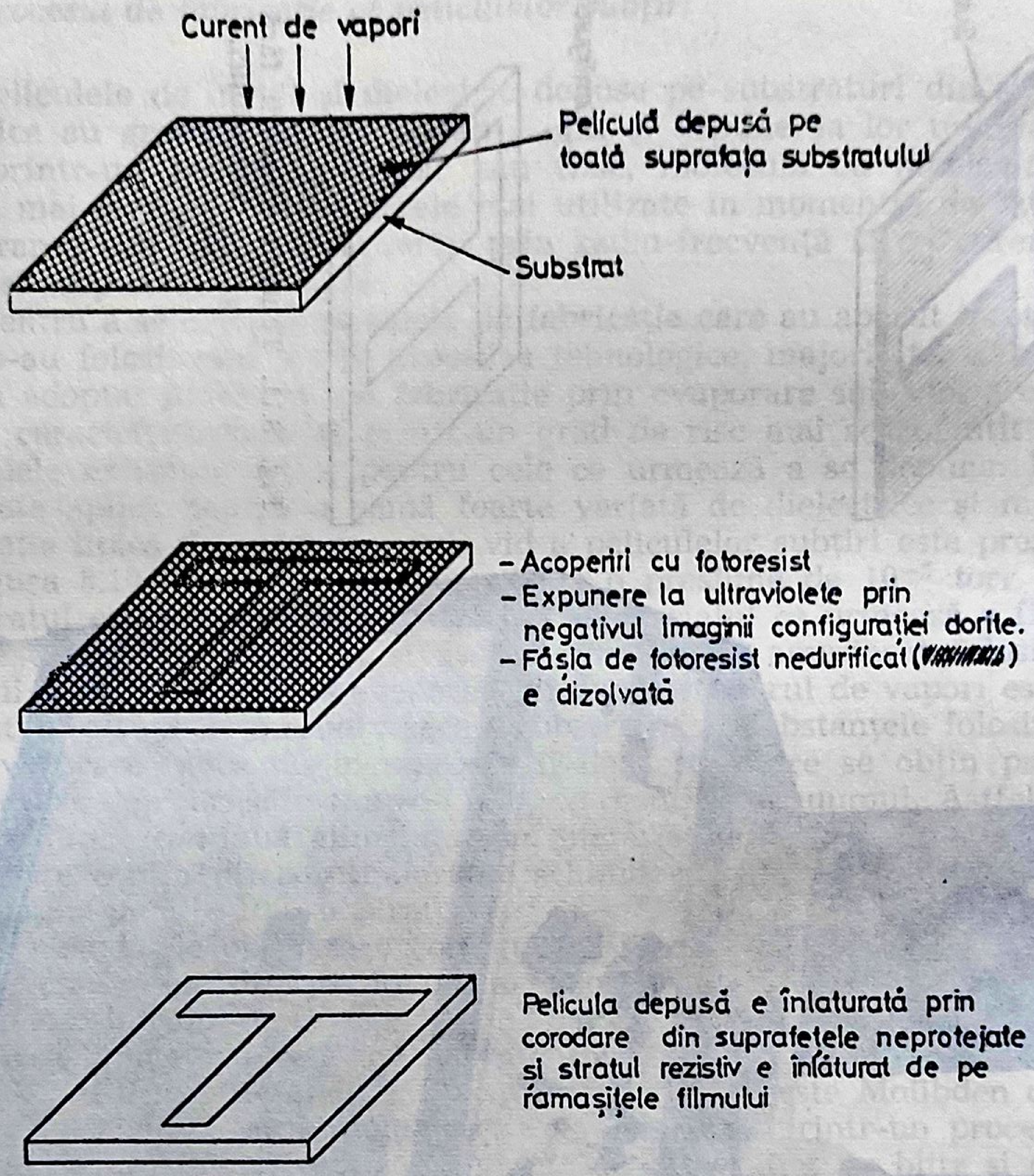

Curent de vapori
Peliculă depusă pe toată suprafaţa substratului
Substrat
- Acoperiri cu fotoresist
- Expunere la ultraviolete prin negativul imaginii configuraţiei dorite.
- Fâşia de fotoresist nedurificat (▨) e dizolvată
Pelicula depusă e înlaturată prin corodare din suprafeţele neprotejate şi stratul rezistiv e înlăturat de pe rămaşiţele filmului

Fig. 8.12. Tehnica mascării cu contact pe pelicule subţiri.

Negativul configuraţiei ce trebuie imprimată este depus pe cupru iar acesta este înlăturat după ce s-a realizat depunerea materialului (fig. 8.13).

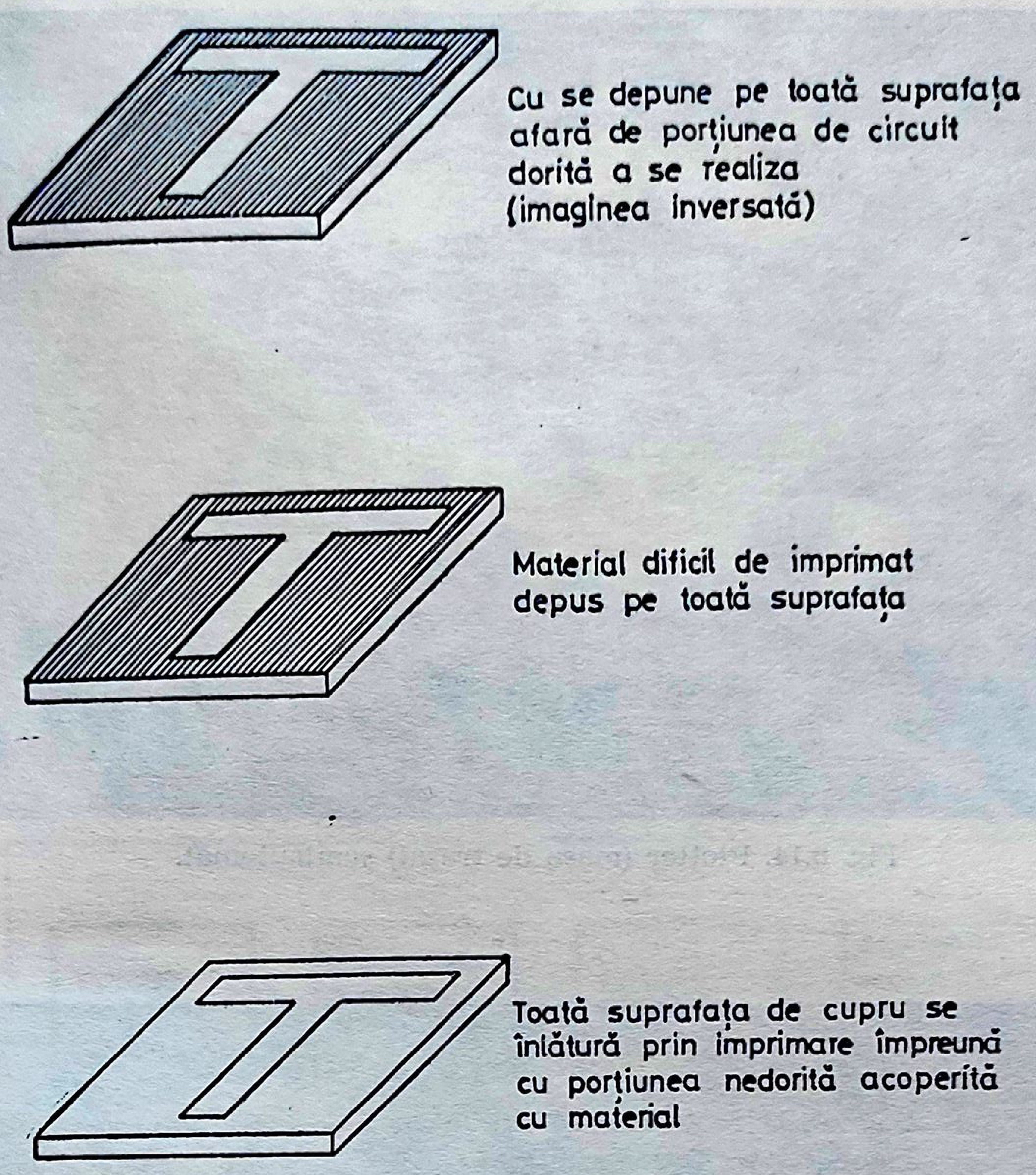

Cu se depune pe toată suprafaţa afară de porţiunea de circuit dorită a se realiza (imaginea inversată)
Material dificil de imprimat depus pe toată suprafaţa
Toată suprafaţa de cupru se înlătură prin imprimare împreună cu porţiunea nedorită acoperită cu material

Fig. 8.13. Definirea precisă a materialelor greu gravabile.

Procesul de fabricaţie al peliculelor groase

Preţul unei linii de fabricaţie pentru pelicule groase este de ordinul a 25 000 lire sterline faţă de 35 000 lire sterline necesare pentru o linie de fabricaţie pentru producerea de pelicule subţiri.

Producerea circuitelor pe pelicule groase necesită tehnologii şi linii de fabricaţie în flux continuu care se cer reflectate în costurile relative scăzute atunci cînd se cer cantităţi mari de circuite.

Principalele echipamente de fabricaţie cerute sînt o maşină de copiat cu sită fotografică şi un cuptor. O instalaţie tipică este prezentată în fig. 8.14. 8.15. Este o greşeală dacă se crede că punerea la punct, organizarea şi realizarea unei linii de fabricaţie pentru pelicule groase poate fi lăsată pe seama unor persoane nespecializate. Fiecare fază a procesului de

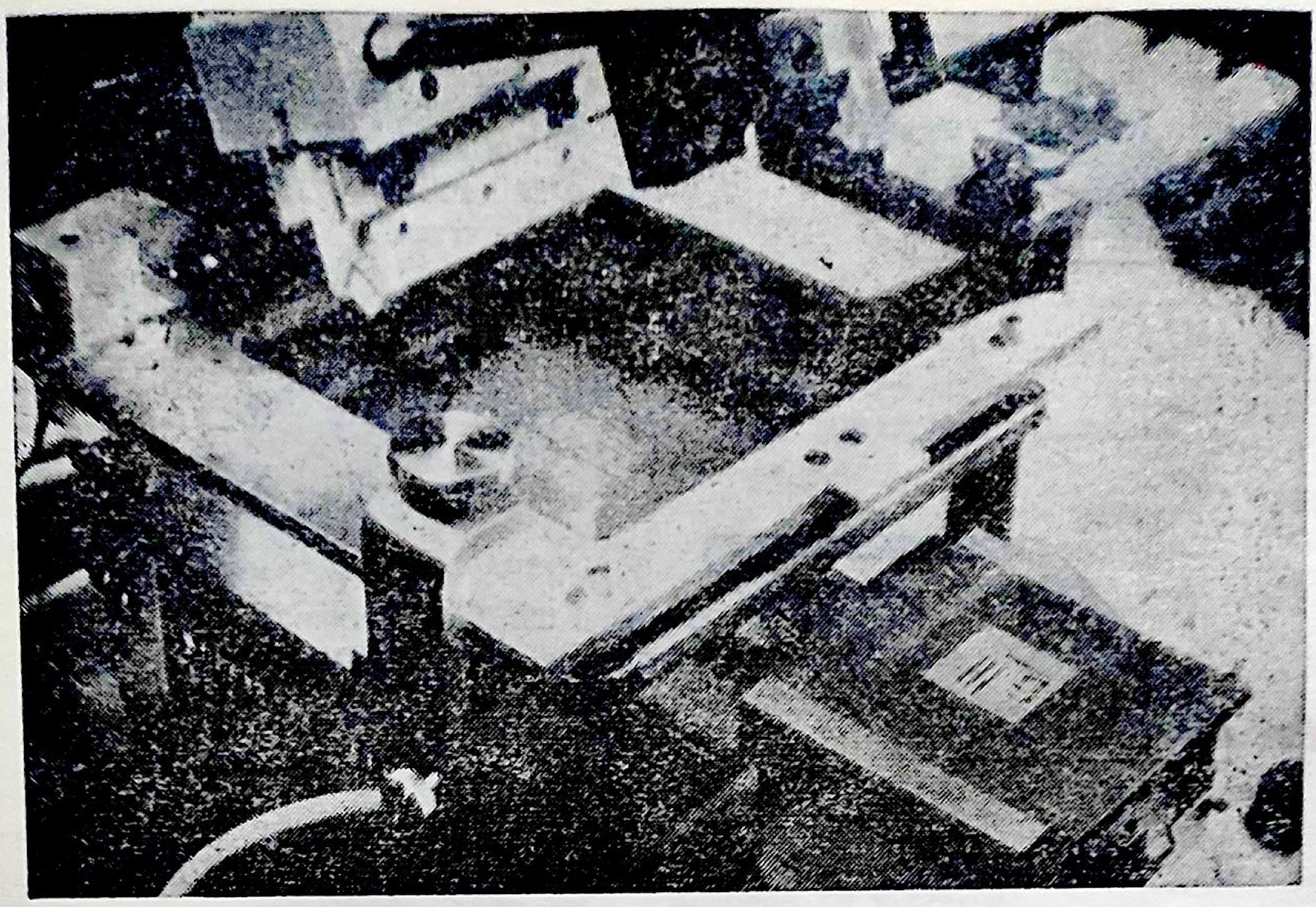


Fig. 8.14. Plotter (masa de trasat) semiautomat.

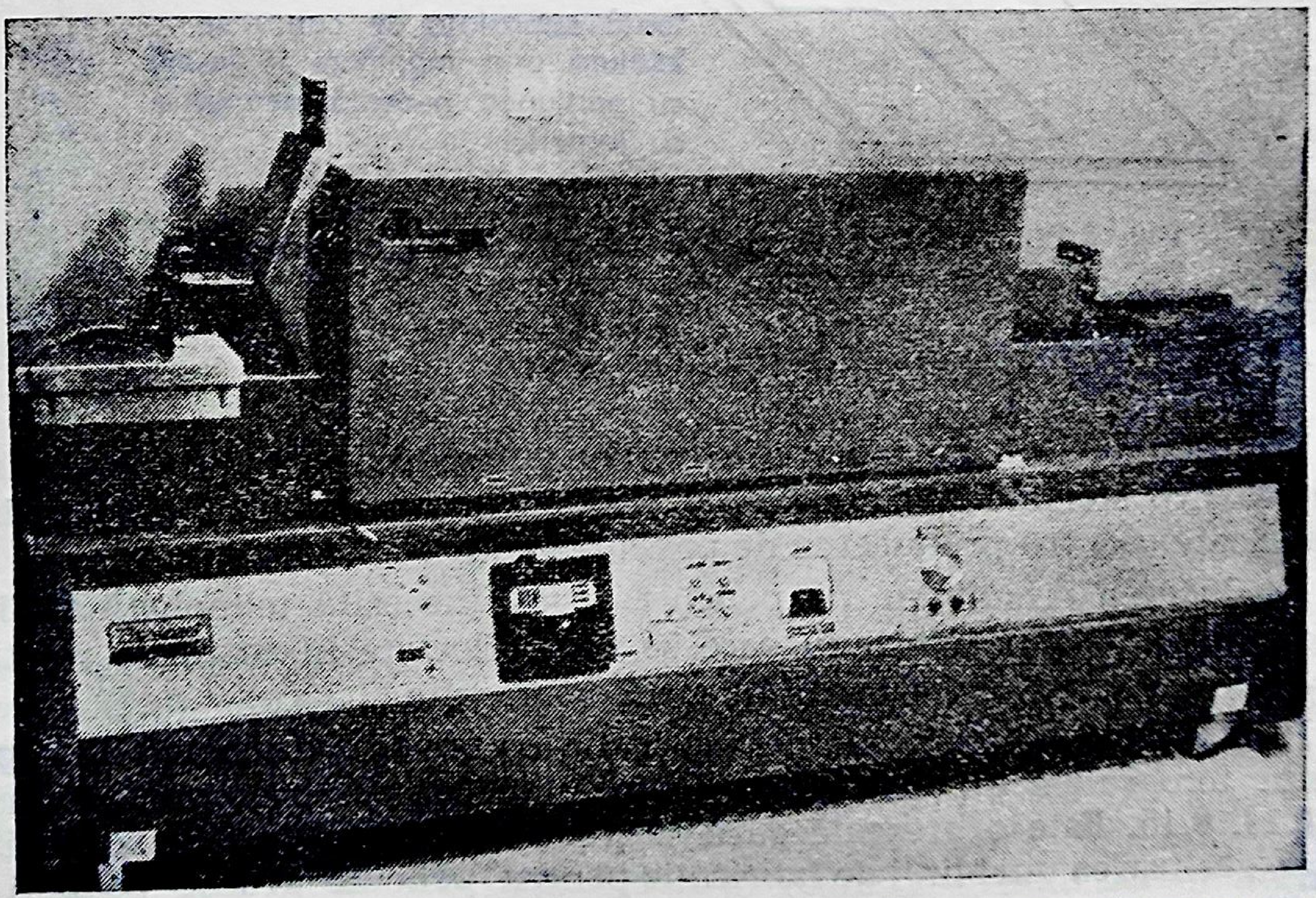


Fig. 8.15. Cuptor mic pentru coacerea circuitelor pe pelicule groase.

fabricaţie necesită o examinare şi o caracterizare precisă şi un control de calitate exigent (vezi fig. 8.16 cu diagrama procesului de fabricaţie).

De asemenea este necesar să se cunoască foarte bine cernelurile tipografice şi anume o serie de proprietăţi ca: vîscozitatea şi dimensiunea particolelor, aceste proprietăţi avînd o influenţă evidentă în procesul de fabricaţie. Proiectarea măştilor de imprimare necesită de asemenea personal calificat. Materialul cel mai des utilizat este oţelul inoxidabil. El este mult mai durabil decît mătasea sau nylonul, nu se mototoleşte şi nu absoarbe solvenţii organici din cerneluri. Înainte de a se decide asupra dimensiunilor sitei ce urmează a fi utilizată, trebuiesc luate în considerare o serie de factori, ce pot varia de la 100 la 325 pentru cele mai multe cerneluri de pelicule groase. Ecranele de mascare convenţionale au o emulsie fotosensibilă care este îndepărtată de pe suprafeţele nedorite în manieră asemănătoare cu cea utilizată la circuitele imprimate acoperite cu cupru. Pentru obţinerea unei definiţii precise a liniei, se folosesc tipare indirecte şi tipare în întregime metalice.

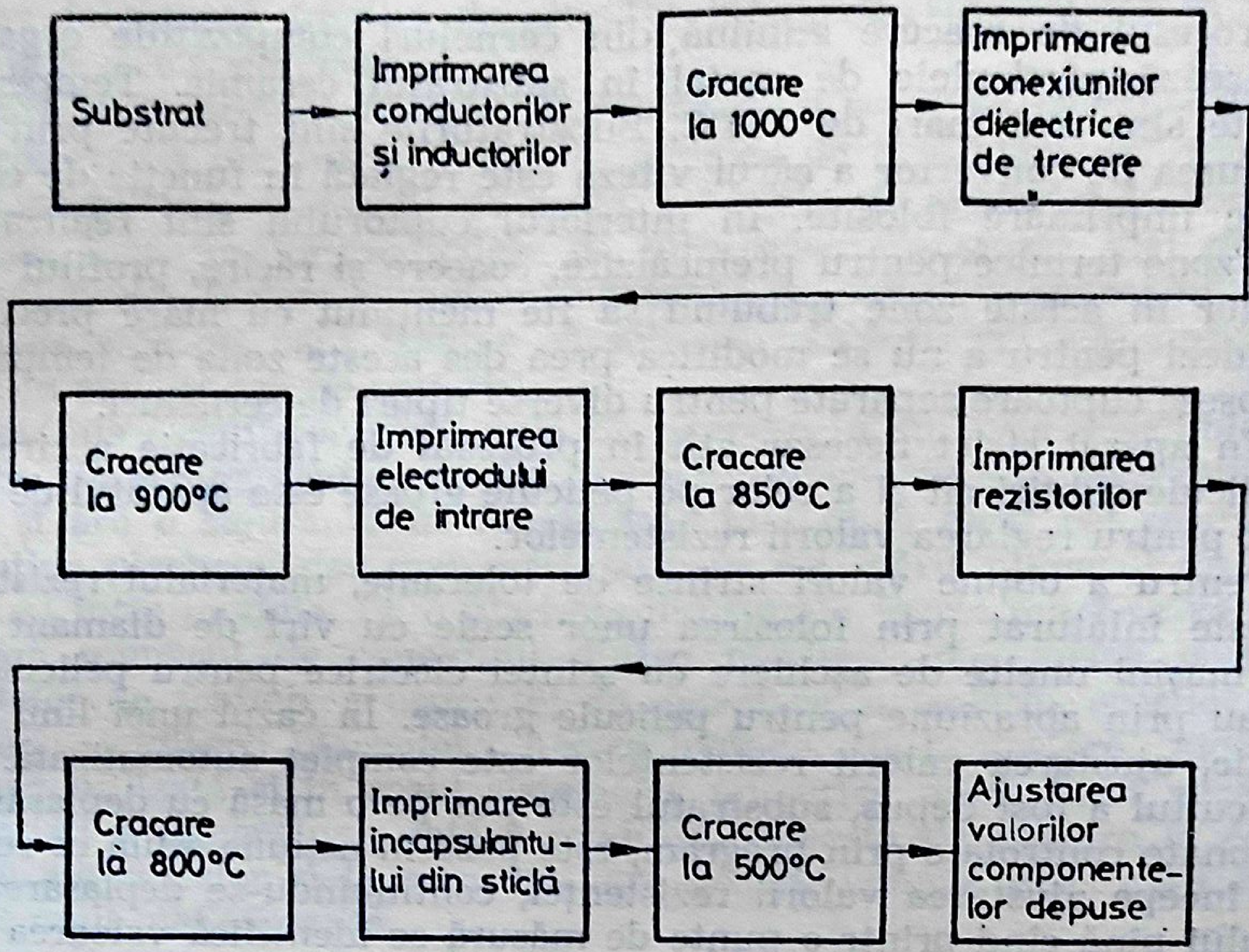

Substrat
Imprimarea conductorilor şi inductorilor
Cracare la 1000°C
Imprimarea conexiunilor dielectrice de trecere
Cracare la 900°C
Imprimarea electrodului de intrare
Cracare la 850°C
Imprimarea rezistorilor
Cracare la 800°C
Imprimarea încapsulantului din sticlă
Cracare la 500°C
Ajustarea valorilor componentelor depuse

Fig. 8.16. Diagrama procesului de fabricaţie al circuitelor integrate pe pelicule subţiri.

Pentru depuneri mai consistente de cerneluri se folosesc maşini de imprimat automate. Braţul folosit pentru răspîndirea cernelii poate fi reglat pentru a ne asigura o frecvenţă de deplasare adecvată în acest fel depunîndu-se aceeaşi cantitate de cerneală. Măştile trebuiesc să fie păstrate curate iar vîscozitatea cernelii controlată cu precizie.

Cerneala cu temperatură de coacere cea mai ridicată este imprimată şi coaptă înainte de a se aplica o nouă cerneală. Dacă nu există diferenţe mari de temperatură, cerneala trebuie numai să fie uscată în aer pentru a se preveni impresionări ale măştii înaintea gravării noii configuraţii.

Dată fiind succesiunea de operaţii, este necesară o poziţionare precisă a substratului şi a măştii.

Procesul de coacere elimină din cerneluri compoziţiile organice şi sinterizează particulele de metal în substratul ceramic. Temperaturile utilizate sînt mai mari de 750°C. Substraturile sînt trecute prin cuptor pe o curea de convertor a cărui viteză este reglată în funcţie de cernelurile de imprimare folosite. În interiorul cuptorului sînt realizate mai multe zone termice pentru preîncălzire, coacere şi răcire, profilul temperaturilor în aceste zone trebuind să fie menţinut cu mare precizie. În mod ideal pentru a nu se modifica prea des aceste zone de temperaturi, se folosesc cuptoare separate pentru diverse tipuri de cerneluri.

Un aparat strict necesar atît în procesul de fabricaţie a circuitelor pe pelicule subţiri cît şi a celor pe pelicule groase este aparatul de trasat, folosit pentru reglarea valorii rezistenţelor.

Pentru a obţine valori strînse de toleranţe, materialul rezistiv depus este înlăturat prin folosirea unor scule cu vîrf de diamant sau a unor maşini unelte de aşchiere cu scîntei electrice pentru pelicule subţiri sau prin abraziune pentru pelicule groase. În cazul unei linii de fabricaţie, ajustarea valorii rezistenţelor este complet automatizată. După ce circuitul a fost depus, substratul este pus pe o masă cu deplasările pe coordonate controlate prin program, este pusă în acţiune scula ce reglează şi se începe ajustarea valorii rezistenţei, continuîndu-se deplasarea substratului pînă cînd printr-o punte de măsură se identifică valoarea dorită a rezistenţei.

O tehnică similară urmează a fi folosită pentru reglarea valorii condensatorilor.

Procedurile de proiectare ale modulelor funcţionale

Organizarea sistemului

Unul din cei mai mari factori ce concură la simplificarea proiectării, la îmbunătăţirea siguranţei de funcţionare a sistemului este poziţionarea optimă. Inginerul de sistem poate să minimizeze numărul de module şi de interconexiuni dintre ele prin crearea unor blocuri logice multifuncţionale. De asemenea, el poate să elimine sau să combine o serie de funcţii logice. Tehnologiile microelectronice asigură multe avantaje pentru circuitele uzuale cum ar fi: siguranţa de funcţionare, avantajele de cost, dar necesită totuşi o organizare a sistemului de proiectare pentru realizarea căruia trebuie să se evite o transpunere directă a procesului de proiectare cu componente discrete.

Rolul inginerului specializat în încapsulare

Acest inginer are o contribuţie vitală pentru realizarea oricărui nou proiect. De exemplu poate fi necesară o anumită metodă constructivă care să satisfacă specificaţiile de mediu înconjurător. În plus este esenţial ca să se folosească familia de circuite integrate, încapsulate în forma cerută de aceste specificaţii.

Contribuţia acestui inginer se referă la o serie de consideraţii privind proiectarea mecanică, limitările termice de proiectare, mărimea optimă a modulelor, necesarul de scule, cerinţele de protecţie la condiţiile de mediu înconjurător, metodele de interconectare şi aşa mai departe. Cum toţi aceşti factori se autoinfluenţează, inginerul responsabil cu încapsularea este cel care trebuie să selecteze factorii cei mai importanţi pentru un anumit gen de aplicaţii.

Funcţiile circuitelor trebuie să fie grupate în anumite ansamble specializate. Un echipament cu multe plachete imprimate mici este mult mai scump şi are o siguranţă în funcţionare mai mică decît cel realizat cu mai puţine plachete, dar mai mari pe care s-a mărit numărul de interconexiuni între module. Pe o plachetă imprimată foarte mare se va putea minimiza numărul de conexiuni dintre plachete, dar apare problema plachetelor de schimb, a uşurinţei de detectare și izolare a erorilor și necesitatea rigidizării plachetei. Aceste metode de proiectare modulară este larg utilizată şi în cazul sistemelor numerice mari, fiind necesar a se menţine o dimensiune dată a modului. Aceasta dă naştere la costuri minime ale sculelor şi la o încapsulare pentru volume mari care se dovedeşte mult mai eficientă.

Combinarea componentelor în ansambluri funcţionale de o anumită dimensiune necesită o mare experienţă cu atît mai mult cu cît se impun un număr minim de interconexiuni şi un număr de module cu domenii de aplicaţiţe cît mai largi. Pentru a se obţine o dimensiune optimă a modulului trebuie să se ţină cont şi de siguranţa sa în funcţionare şi de costul său de înlocuire. Despre acest aspect ne vom ocupa mai tîrziu în procedurile de depanare.

Proiectarea asistată de calculator

Faţă de problemele de folosire în mod economic a sculelor şi uneltelor de fabricaţie, inginerul responsabil cu încapsularea urmăreşte uniformizarea parametrilor modulelor aşa încît să se realizeze cît mai economic programele de interconectare pentru un domeniu cît mai larg de circuite. Programele calculatorului sînt folosite în proiectarea logică, proiectarea de circuite şi prelucrarea de măşti. Pentru inginerul responsabil cu încapsularea, programele se dovedesc eficiente în repartizarea şi interconectarea discretă pe plachetele imprimate sau pe circuitele peliculare. De foarte mult timp, programele calculatorului au fost folosite pentru stabilirea listelor de cablaj între diversele blocuri ale unui echipament, în care s-a avut în vedere asigurarea căii de legătură cea mai scurtă şi în care s-au mai specificat lungimile totale ale diverselor tipuri de fire de conexiune precum şi culoarea lor. Producerea acestor liste de cablaj pe calculator necesită cîteva minute, faţă de cele cîteva săptămîni cerute pentru întocmirea manuală a acestor liste. În plus modificările listelor de cablaj se pot implementa mai uşor în cazul cînd ele au fost întocmite pe calculator, iar numărul de erori de calcul ce pot apare este mult mai mic.

Înainte de a dispune de calculator, inginerul responsabil cu problemele de împachetare îşi consumă timpul convertind diagramele logice sau tabelele de algebră booleană în informaţii de proiectare hardware. Odată cu calculatorul i s-au oferit o serie de noi opţiuni în alocarea elementelor de circuit şi plasarea capsulelor. Un proiectant de circuite nu poate cunoaşte efectiv, din punct de vedere material, care din cele 3 intrări e folosită sau care din cele 3 porţi logice dintr-o anumită capsulă este folosită sau dacă e folosită o poartă logică dintr-o altă capsulă. Aceste decizii trebuiesc luate de proiectantul responsabil cu încapsularea, căci el trebuie să specifice poziţia capsulei şi numărul de pini necesari pentru crearea diagramei de interconectare.

Dacă este vorba de un subsistem ce conţine 100 sau mai multe porţi, se pierde foarte mult timp cu desenarea diverselor soluţii de circuite integrate. Informaţia de bază şi subrutinele păstrate în memoria calculatorului, fac ca programele scrise să îndeplinească cerinţele diverşilor factori de care trebuie ţinut cont la proiectarea optimă a unei plachete imprimate echipate. Calculatorul avînd la dispoziţie datele problemei sub forma cerinţelor logice şi tehnice care trebuie să fie înglobate pe noua plachetă, poate să indice dacă programul existent şi folosit anterior dă rezultate corespunzătoare, în caz contrar fiind necesare noi instrucţiuni. Soluţia programului se obţine la un preţ de cost scăzut sub forma unei hîrtii de imprimantă care este translatată într-o fotocopie. Soluţia programului poate fi memorată pe benzi perforate care apoi sînt folosite de maşini automate de găurit sau de camere cu fascicul luminos pentru ca în cîteva ore să se obţină negativul său. Mai modern, banda ce conţine soluţia programului poate fi citită de un sistem de afişare pe tub catodic la care cu un creion fotosensibil se asigură o intervenţie manuală rapidă pentru corectarea sau îmbunătăţirea anumitor conexiuni dintre circuite. Dacă în configuraţia calculatorului nu se dispune de toate echipamentele menţionate, o metodă simplă de a se automatiza proiectarea conexiunilor între circuite, este aceea de a se folosi maşini care să elimine timpul consumat cu prepararea manuală a imaginei foto a circuitului. Pornind de la o schemă de circuit pe hîrtie, coordonatele x şi y care definesc calea fiecărui conductor sînt digitizate şi perforate pe o bandă împreună cu o serie de informaţii referitoare la lăţimile conductorului, furnizate de macroprogramele maşinii. Aceste date numerice controlează mişcarea tablei fotografice şi dimensiunea deschiderii la camera fotografică pentru a se obţine un negativ precis al circuitului plachetei.

Întregul set de echipamente costă aproximativ 15 000 lire dar foarte mulţi producători folosesc serviciile unor companii specializate.

Ansambluri hibride

Factori de proiectare

În sistemele de afişare există o cerinţă crescîndă pentru circuite cu viteză de operare mai mare şi deci cu conexiuni mai scurte, cu siguranţă în funcţionare mărită, care se obţin prin metode de conectare a „chip"-urilor în circuite hibride şi prin montarea directă a acestor ansambluri de microcircuit direct pe dispozitivul de afişare, eliminîndu-se astfel multe cabluri şi circuite.

Ansamblurile trebuie să fie compacte, cu performanţe identice pentru a fi folosite la fel atît în prototipuri cît şi în produsele de serie şi astfel încît costul să nu fie competitiv cu cel al ansamblelor convenţionale cablate. Cele mai multe sisteme de radar au o construcţie specială cu numai cîteva blocuri comune cu alte sisteme.

Chiar dacă o duzină de unităţi de afişare pot fi identice, totuşi circuitele de comandă pot să difere unele faţă de altele funcţie de caracterele ce urmează a fi vizualizate. Pentru acest gen de aplicaţii, cel mai dorit de a fi utilizat este ansamblul hibrid din fig. 8.17.

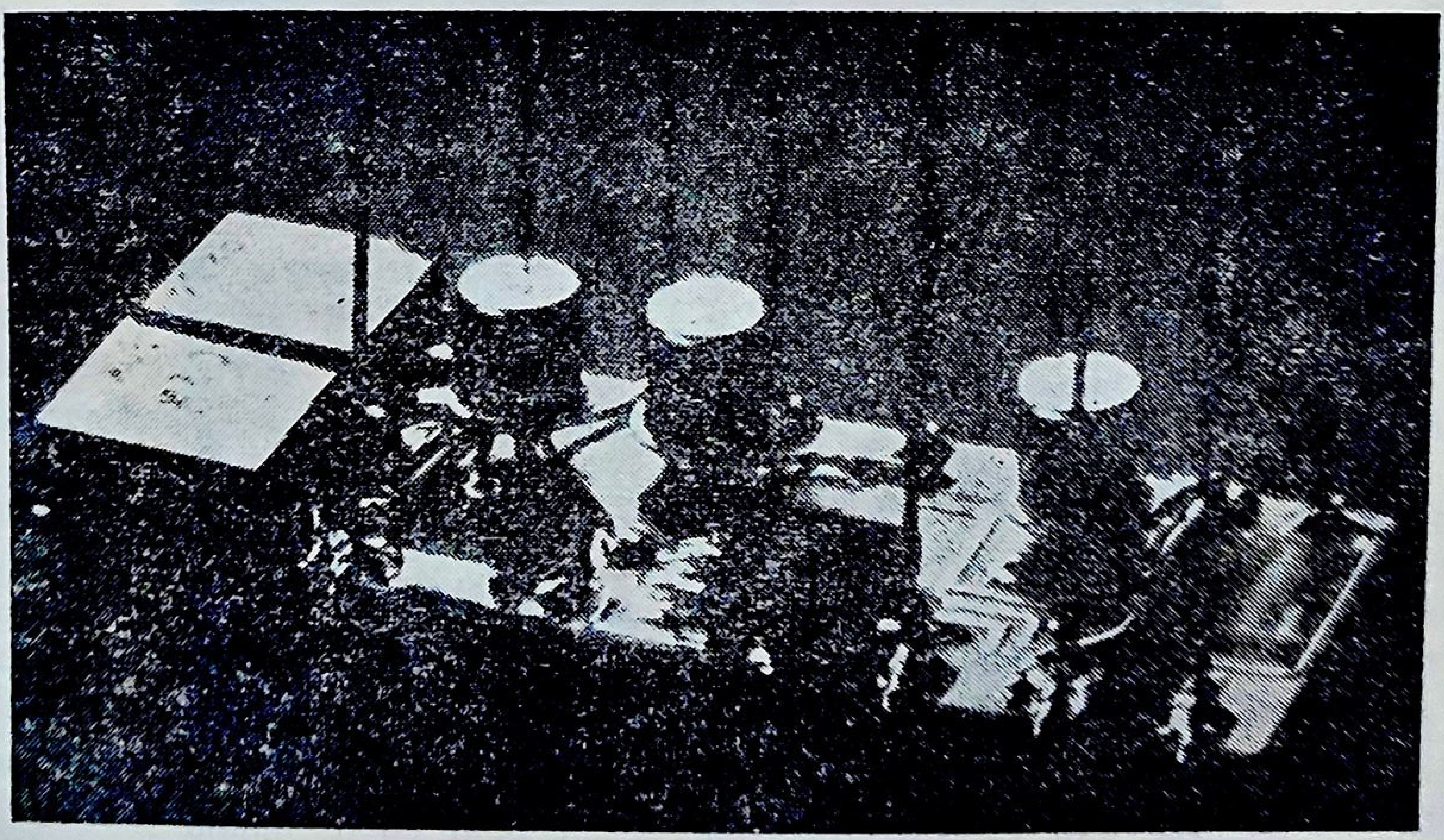


Fig. 8.17. Circuit hibrid.

Un ansamblu hibrid conţine de obicei combinaţii de dispozitive active discrete, „chip-uri" de circuite integrate pe siliciu şi componente pasive discrete montate pe un substrat pe care sînt dispuşi şi conductorii de interconexiune. Tipuri speciale de componente, în special condensatori şi rezistenţe au fost concepute pentru ansamblele hibride, dar cele mai multe componente miniatură pot fi ataşate la aceste substraturi.

După testare, întregul ansamblu este protejat de o capsulă plastică sau de o incintă etanşată ermetic. Fabricanţii de ansamble hibride folosesc scheme de construcţie modulară. Costurile de producţie sînt minimizate prin folosirea unui utilaj şi a unor calibre speciale de ansamblare. Funcţie de valoarea ansamblului şi de necesitatea economisirii de componente, modulele pot fi clasificate drept piese de schimb ce urmează a fi scoase de pe plachete şi trimise la producător pentru reparare.

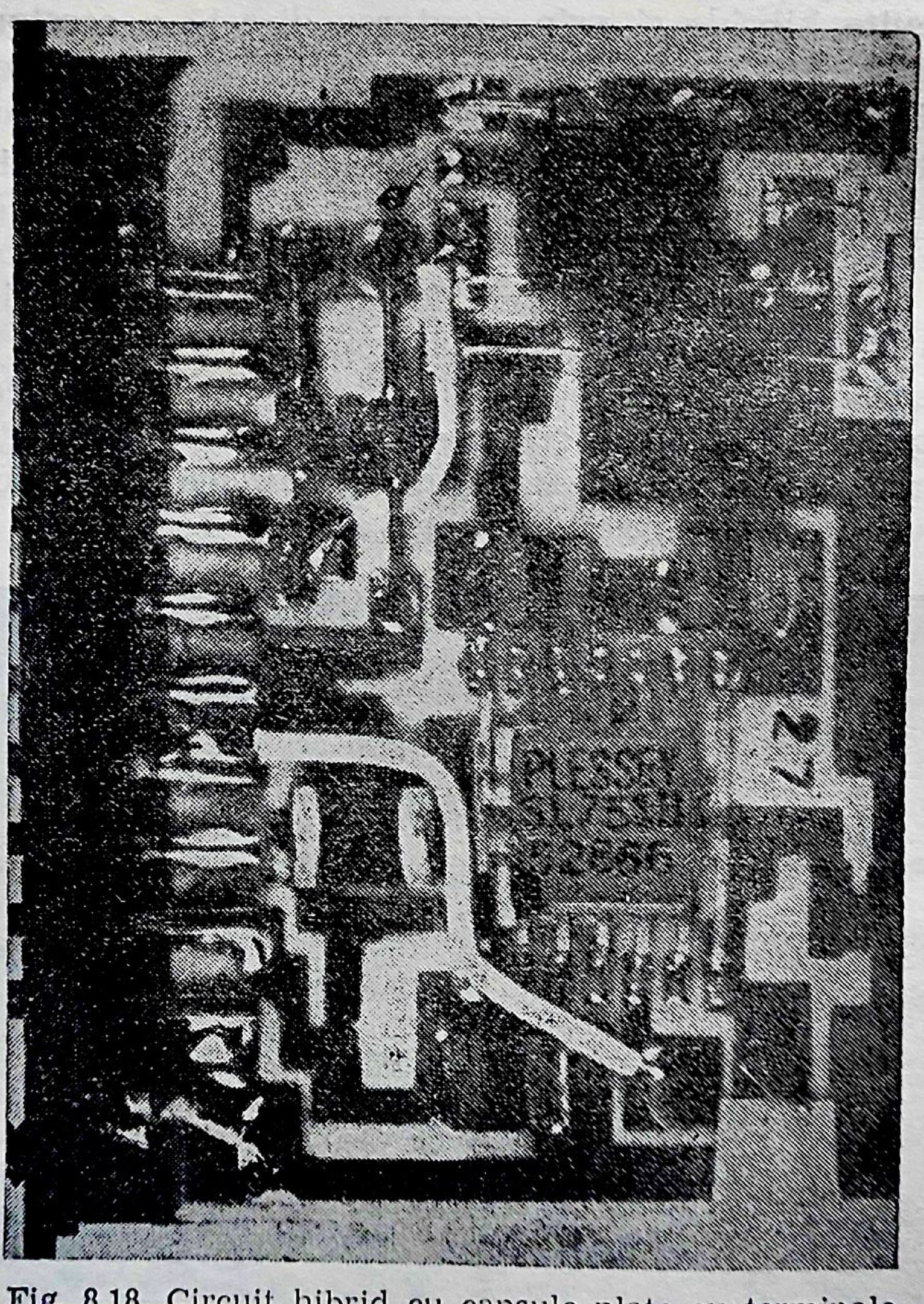


Fig. 8.18. Circuit hibrid cu capsule plate cu terminale plate.

Dintre toate tipurile de capsule pentru circuitele integrate pe siliciu ce au fost descrise anterior cea mai potrivită formă de capsulă pentru ansamblele hibride este capsula plată aşa numita „Flat pack" cu picioruşe plate ilustrată de fig. 8.18. Conexiunile terminale pe circuitul conductor sînt acoperite cu fludor şi după ce fludorul a pătruns pe picioruşe, acestea sînt lipite de conexiunile interioare prin intermediul unui jet de aer cald sau cu o maşină de sudat cu impulsuri.

Capsulele de tip T05 şi „dual in line" au fost şi ele folosite, dar tipurile mai noi de capsule sînt preferate pentru minimizarea suprafeţei de montare. Dintre aceste tipuri de semnalat sînt LID-urile, (dispozitive fără terminale de prindere LID), dispozitivele cu reţea de terminale şi „chip-urile" necapsulate. Un argument în favoarea utilizării de „chip"-uri individuale necapsulate ermetic este acela că pelicula circuitului conductor de o anumită configuraţie cu conductori foarte apropiaţi unul de altul, necesită ea însăşi o protecţie faţă de agenţii atmosferici. În această situaţie toate componentele vulnerabile la acţiunea agenţilor mediului înconjurător pot fi protejate. În acest fel se reduce costul de încapsulare a fiecărui „chip", şi de asemenea se reduce şi numărul de conexiuni (dintre „chip" şi capsule respectiv dintre capsulă şi substrat) siguranţa în funcţionare fiind mult mărită. În proiectarea de echipament fixat la sol mărimea şi greutatea echipamentului nu reprezintă o importanţă majoră. Dacă se compară costul ansamblelor hibride cu cel al ansamblelor cu plachete imprimate convenţionale trebuie să se ţină cont de aspectele legate de siguranţa în funcţionare şi de facilităţile de întreţinere din partea personalului calificat.

Capsulele LID

Acest tip de capsulă fără terminale de prindere prezentată în fig. 8.19, permite montarea oricărui „chip" de circuit integrat pe siliciu într-o capsulă mică şi uşor de manevrat în vederea montării pe o plachetă imprimată sau pe un circuit pe peliculă. După ce prin diverse tehnici de lipire a conductoarelor de sîrmă foarte subţire „chip"-ul este fixat în capsulă, el este acoperit din motive de protecţie, de obicei cu plastic.

Suprafeţele de capăt ale circuitului sînt metalizate de obicei cu Argint, iar capsula este lipită de conductorii de pe substrat după ce în prealabil cele două suprafeţe au fost acoperite cu substanţă de lipire. Metodele de realizare a conexiunilor interne şi externe, numărul mic de puncte de sudură conduc la concluzia că acest tip de capsule este mult mai sigur decît o capsulă standard. De fapt dacă ansamblul hibrid nu este protejat ermetic, „chip-urile" acoperite în plastic dintr-un LID nu au o aceeaşi durată de funcţionare ca un „chip" montat într-o capsulă metalică sau ceramică. Faptul că nu sînt multe cereri pentru capsulele de tip LID se datoreşte preţurilor de cost relativ ridicate.

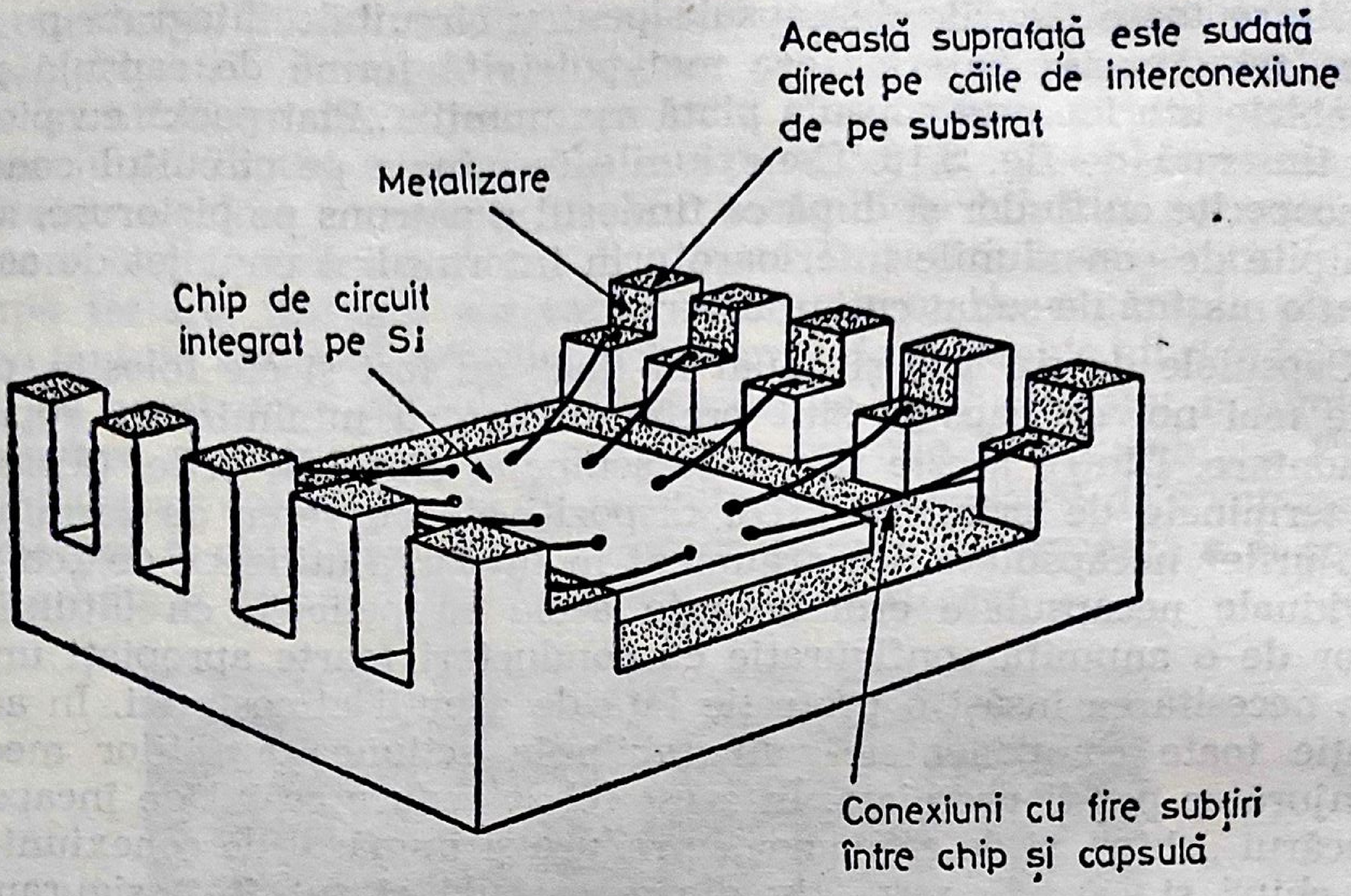

Această suprafaţă este sudată direct pe căile de interconexiune de pe substrat
Metalizare
Chip de circuit integrat pe Si
Conexiuni cu fire subţiri între chip şi capsulă

Fig. 8.19. Vedere de sus în jos a unei capsule LID.

Dispozitive cu reţea de terminale

Cea mai promiţătoare metodă de montare a „chip-urilor" în ansamblurile hibride este aceea de a folosi dispozitive cu reţea de terminale, folosit prima dată de laboratoarele Bell Telephome. În prezent ele sînt mult mai scumpe decît capsulele standard datorită numărului mai mic de cereri şi în special datorită procedeelor tehnologice mai complicate. Cerinţele pentru aceste tipuri de capsule vor creşte atunci cînd utilizatorii vor aprecia în întregime siguranţele mărite în funcţionare ale sistemului.

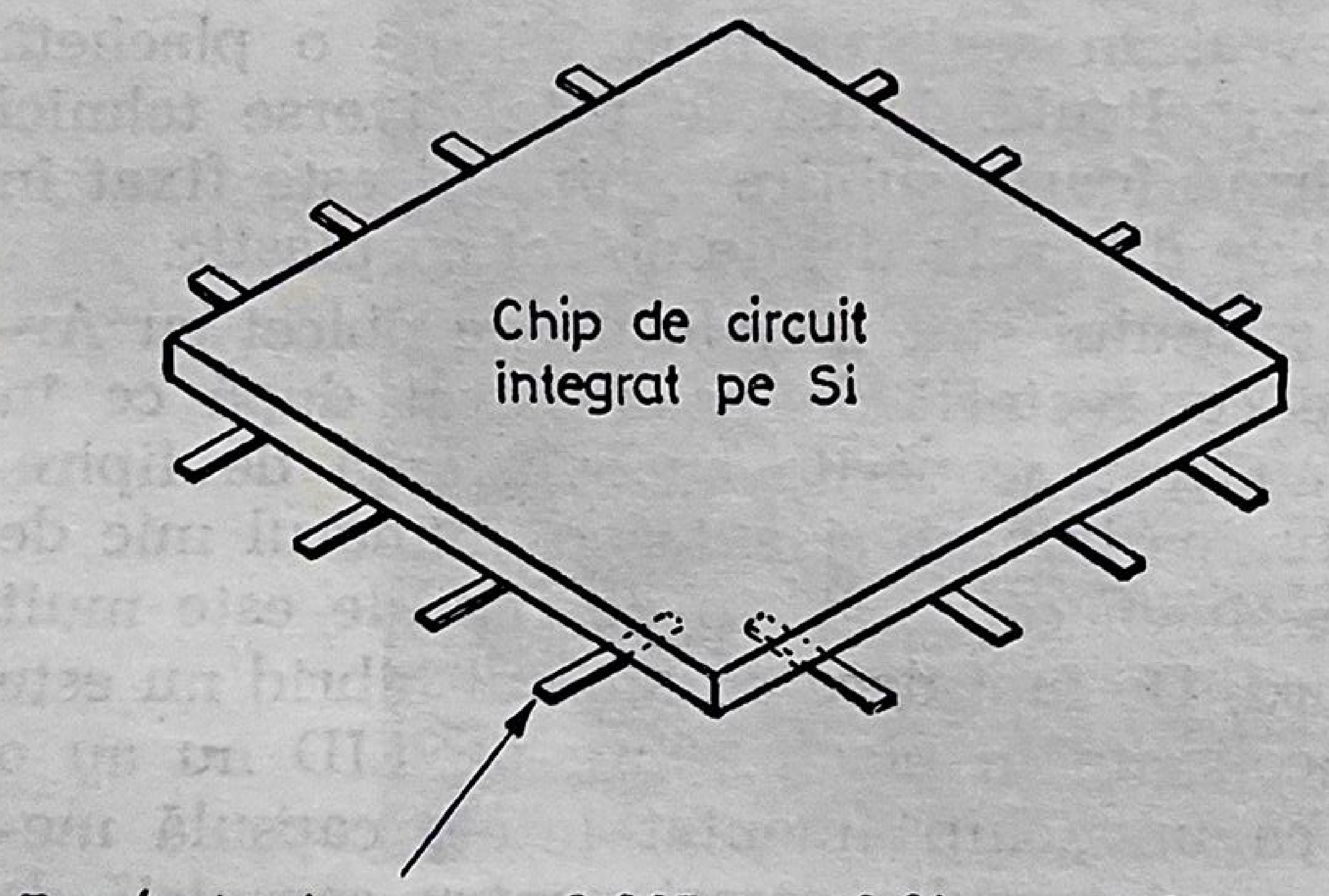

Chip de circuit integrat pe Si
Terminale de aprox. 0,025mm x 0,01mm x 0,20mm

Fig. 8.20. Dispozitive cu reţea de terminale.

„Chip"-ul cu terminalele sale răspîndite în consolă este cu puţin mai mare decît „chip"-ul însăşi. Aceste picioruşe (terminale) fac parte integrantă din dispozitiv şi sînt realizate din Aur. Protecţia circuitului activ şi interconexiunile din interiorul său se realizează printr-un strat de pasivizare din nitroidă de siliciu. Dispozitivele cu rețea de terminale și conexiunile lor cu exteriorul au avantajul de a fi intrinsec mai sigure.

Configurația conductoare de pe substrat este lipită printr-un strat de aur de rețeaua de terminale, folosindu-se tehnologia peliculelor subțiri sau groase.

Metoda preferată de lipire este cea prin termocompresiune la aprox. 300°C. Mașinile unelte și sculele care au fost realizate sînt capabile să facă toate conexiunile într-o singură fază. Se realizează același ritm al productivității ca și la realizarea „flip-chip“-urilor cu avantajul că fiecare conexiune este vizibilă și ușor de examinat. Au fost propuse mai multe variante de obținere a rețelelor de terminale. Unele sînt variații ale procesului Bell; unul încorporează piciorușe din aluminiu, altul se bazează pe o seamă de conexiuni de capăt sau o placă de conexiune lipită mecanic pe „chip“. O altă variantă este ca rețeaua de terminale să fie o parte din conductorii de interconectare și să fie realizată sub forma unor fante în substrat. Un „chip“ standard este introdus din cealaltă față a substratului și legată direct de terminalele fixate pe cealaltă față.

Montarea și fixarea „chip“-urilor necapsulate

Există două tehnici de conectare a „chip“-urilor necapsulate pe substraturi cu fața în sus prin lipirea conductorilor cu fața în jos, cazul flip-chip-urilor (fig. 8.21). Costul de încapsulare este redus, operația de asamblare putînd fi realizată chiar de utilizator în timp ce numărul de conexiuni este redus cu un factor de 3 : 2 și 3 : 1 respectiv. Cea mai mare problemă este manipularea. Chiar dacă „chip“-urile sînt furnizate în ansambluri încapsulate special, ele sînt totuși vulnerabile și pot fi deteriorate. Caracteristicile dispozitivelor pot fi modificate prin operația de lipire iar circuitele sînt proiectate cu o specificație largă a elementelor active.

Dacă „chip“-urile sînt testate în întregime înaintea fixării lor nu există nici o garanție că ele vor fi satisfăcătoare atunci cînd vor fi asamblate într-o altă poziție. „Chip“-urile care sînt testate numai static sînt disponibile la prețuri mai scăzute dar utilizatorii trebuie să dispună de echipament foarte scump de testare dinamică a „chip“-urilor înaintea asamblării lor. O altă alternativă de care dispun utilizatorii este de a asambla „chip“-urile testate numai static, după care să efectueze teste funcționale asupra întregului ansamblu.

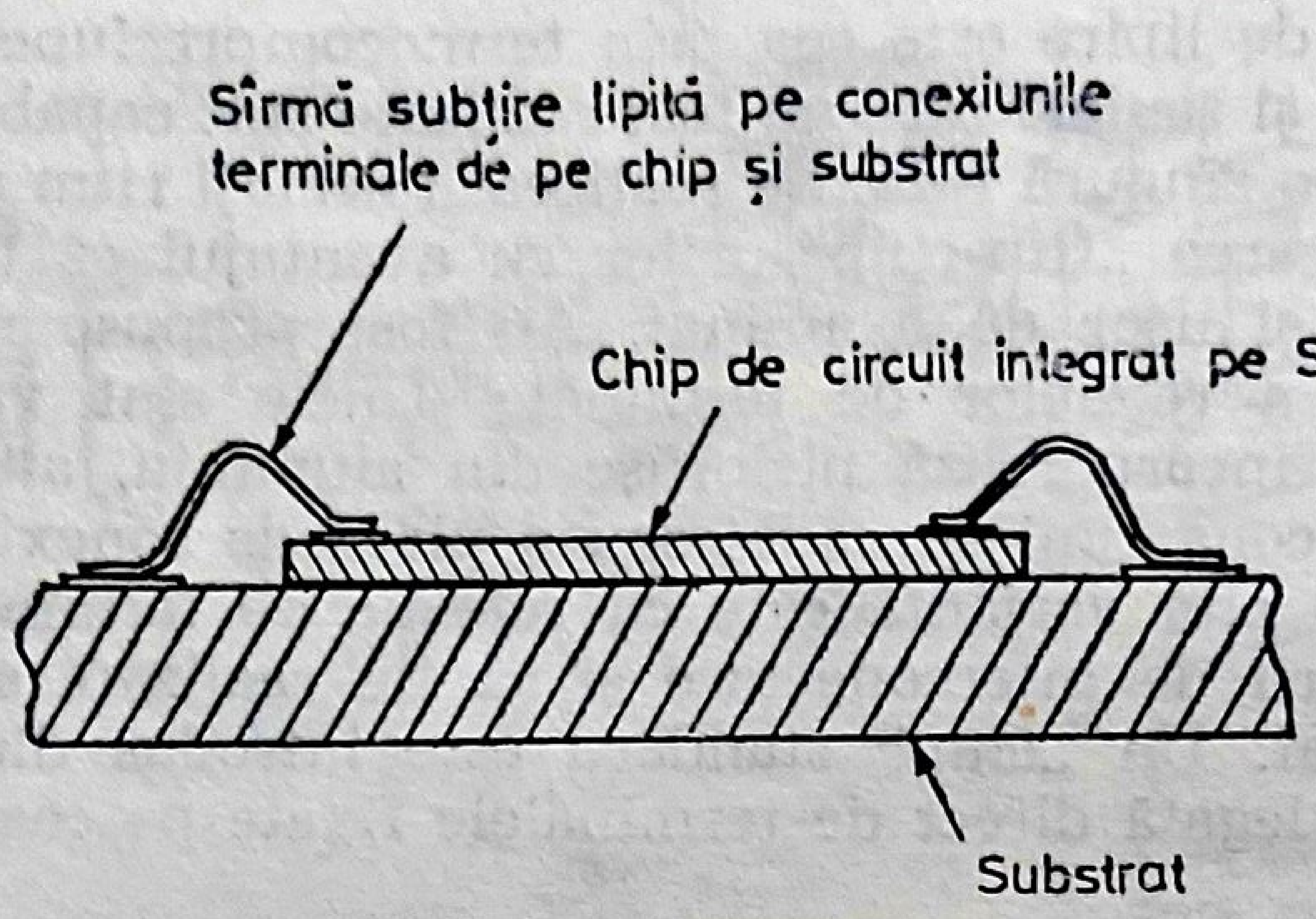
Economicitatea soluției ce urmează a fi adoptată depinde de numărul de „chip“-uri din modul și de randamentul montării lor.

Lipirea „chip“-urilor cu fața în sus

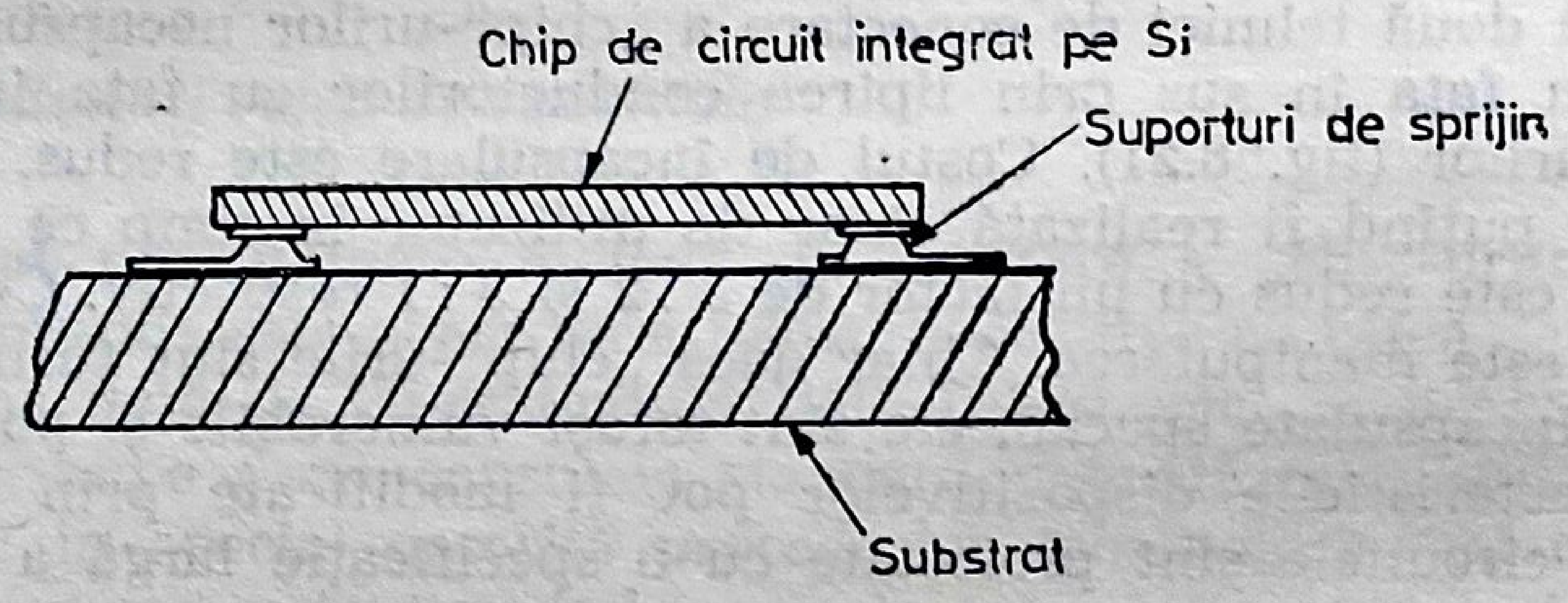
Această tehnologie de lipire se aseamănă cu cea folosită în industria semiconductoare pentru asamblarea „chip“-urilor în capsule standard.

Procedeul este foarte flexibil și tolerant față de introducerea unor modificări de proiectare.

La capătul fiecărui fir de conexiune se află un punct de legătură și fiecare prindere trebuie realizată în mod individual. O productivitate ridicată și un cost scăzut al modulelor „multichip“ sînt greu de realizat în asemenea condiții așa că această tehnologie de lipire este folosită pentru o producție relativ scăzută.


Sîrmă subțire lipită pe conexiunile terminale de pe chip și substrat
Chip de circuit integrat pe Si
Substrat

Lipirea cu fața în sus


Chip de circuit integrat pe Si
Suporturi de sprijin
Substrat

Lipirea cu fața în jos

Fig. 8.21. Lipirea capsulei cu fața în sus sau în jos.

Fiecare „chip“ trebuie să aibă spatele capsulei ancorat ferm pentru a asigura lipituri sigure și pentru a asigura un bun transfer al căldurii. Rășinile epoxidice termoconductoare sînt folosite în acest scop dar o lipitură efectuată pe aur depus pe substrat este mult mai satisfăcătoare.

Aliajul de siliciu-aur se amestecă la 370°C dar această temperatură trebuie să fie restrînsă în cadrul suprafeței situată imediat sub „chip“.

În acest fel se evită împrăștierea punctului eutectic și se reduce riscul deteriorării altor suprafețe de către fluxul de căldură (defectul „deep-purple“). Această deteriorare este reprezentată printr-un strat intermetalic de grosime nedorită, cauzată de încălzirea aurului și aluminiului la o temperatură înaltă în prezența siliciului și a umezelii. Deși lipirea ultrasonică a „chip“-ului este preferată unele metode care necesită temperaturi înalte folosesc încălzirea întregului substrat la o temperatură cu o valoare imediat inferioară punctului eutectic și apoi o încălzire suplimentară locală.

Conexiunile de capăt pe „chip“-uri sînt în mod normal din aluminiu, dar pentru substraturi se pot folosi o diversitate de materiale conductoare. Alegerea procedeelor metalurgice de realizare a sîrmelor pentru lipit este la latitudinea inginerului specializat în încapsulări. Conductorul de lipit are un diametru de 0,0254 mm și este realizat din aluminiu sau aur. Sîrmele de conexiune din aur pot fi lipite prin termocompresiune folosind o sculă cu marginea ascuțită sau sîrma poate fi trecută printr-un tub capilar, tăiat de o flacără și capătul cald, presat, pentru a realiza o lipire cu un vîrf ascuțit. Ambele metode cer ca atît „chip“-ul cît și substratul să fie încălzite, așa că din nou există riscul de distrugere termică.

Metoda preferabilă este lipirea cu ultrasunete, în care căldura este localizată iar ritmul de fabricație este mai ridicat. Pentru o siguranță mărită în funcționare, fiecare joncțiune ar trebui să fie lipită dublu adică pe ambele fețe. Majoritatea circuitelor hibride ce urmează a fi fabricate folosesc lipirea „chip“-ului cu fața în sus, cu terminale flotante și sîrmă de conexiune cu echipamente și după metode care și-au dovedit utilitatea în efectuarea de milioane de conexiuni în cazul capsulelor convenționale.

Dezavantajele acestei metode sînt legate de faptul că există o joncțiune la fiecare capăt al bucății de sîrmă de conexiune precum și de lungimea relativ mare a sîrmei. Aceasta limitează viteza de comutație a circuitului, prin creșterea capacităților dintr-un circuit și de asemenea sîrma prea lungă neputînd fi bine ancorată poate să conducă la apariția de defecte.

„Flip-chip“-urile pe de altă parte au tiji scurte de rigidizare și un număr de conexiuni pe jumătate, ce pot fi realizate printr-o singură operație.

Lipirea „flip-chip“-ului — generalități.

„Flip-chip“ este un termen colocvial folosit pentru a descrie metoda de lipire a chip-urilor pe substraturi sau pe diverse straturi conductive prin poziționarea „chip“-urilor cu fața în jos.

În mod curent sînt folosite trei tehnologii de bază: lipirea cu ultrasunete, lipirea prin termocompresie și lipirea în val.

Lipirea cu fața în jos a fost folosită pentru montarea tranzistorilor dar problemele de spațiu de poziționare au crescut mult acum cînd se cer mai mult de trei puncte de contact. În vederea izolării conexiunilor metalizate pe substrat sau pe „chip“, este necesar ca la interfața lipiturilor să se folosească tiji de rigidizare, suporturi sau alte conexiuni similare. Aceste suporturi care pot fi dispuse pe oricare din componente sînt mai economice decît dacă sînt realizate pe substrat și dacă folosesc „chip"-uri standard.

Toate metodele de lipire a „flip-chip"-urilor permit scoaterea și înlocuirea unui „chip" de mai multe ori. Uniformitatea înălțimii suporturilor este un parametru critic de proiectare și conține o arie mare de probleme, ce apar atît pentru lipirea cu ultrasunete cît și pentru lipirea prin termocompresie. Datorită compoziției soluției de lipire uniformitatea înălțimii nu este așa importantă în cazul sudării cu val dar trebuie avut grijă pentru a se controla împrăștierea de pe margini, așa încît să se poată păstra un spațiu minim între chip și substrat.

Lipirea prin ultrasunete

Această metodă cunoscută mai de mult este folosită cu succes și în prezent fiind cea mai sigură metodă de conectare pe aluminiu întrucît și permite folosirea „chip"-urilor standard. S-a prevăzut că „chip"-urile plate vor reprezenta un slab procentaj pe piață și că prelucrările suplimentare nu s-ar justifica din punct de vedere comercial dacă se urmăresc ansambluri cu preț scăzut. Cu un sistem monometal s-a obținut o siguranță în funcționare mărită și depunerea pe suporturi de Al pe substrat reduce virtual această metodă la tehnologia peliculelor subțiri.

„Chip"-uri standard cu terminale din aluminiu au fost și sînt lipite cu ultrasunete pe suporturile aurite. Cum aurul nu este suficient de ductil, suporturile sînt făcute de obicei din cupru sau din conductoare subțire acoperite cu aur.

O uniformitate absolută a înălțimii suportului e posibil de realizat și atunci este necesară o preparare inițială a suprafețelor pentru a se asigura o bună lipire moleculară la fiecare joncțiune. Rezistențele la forțele de forfecare a acestor lipituri sînt de pînă la 30 g față de 20 g pentru sistemele monometalice din aluminiu dar 20 g sînt mult mai adecvate pentru masa „chip"-ului. Rezistența la o forță de forfecare de 20 g mărește riscul distrugerii lipiturii dintre suport și substrat. Rezistențele de contact a lipiturii realizate în întregime din aluminiu sînt aproximativ 0,05 Ω per lipitură. Folosind metalurgia aluminiului cu aur, procedurile metalurgice sînt mai pretențioase și dificultățile cresc odată cu ciclarea temperaturii datorită formațiunilor intermetalice.

Se obține o rezistență de contact mult îmbunătățită și o lipitură sigură dacă se face aurirea terminalelor. Mașinile de lipire au fost special concepute pentru lipirea „chip"-urilor plate cu ultrasunete, una din ele fiind prezentată în fig. 8.22. Asemenea mașini conțin un traductor ce funcționează la frecvențe de aprox. 60 KHz. Pentru a se putea realiza o sudură optimă la rece se poate varia presiunea, puterea și durata impulsului. În fig. 8.23 și fig. 8.24 sînt prezentate o serie de reglaje optice

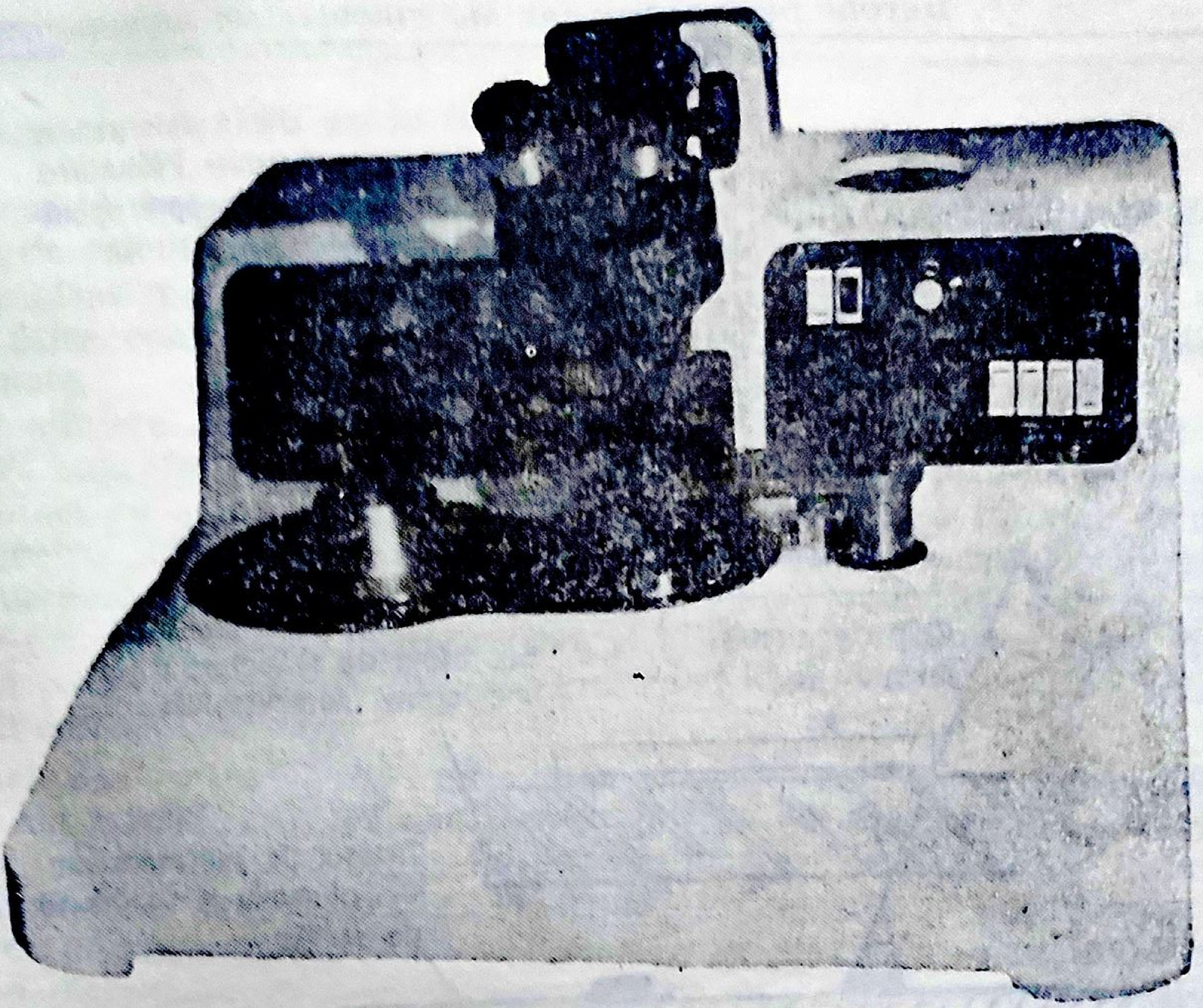


Fig. 8.22. Maşina de lipire a capsulelor cu faţa în jos.

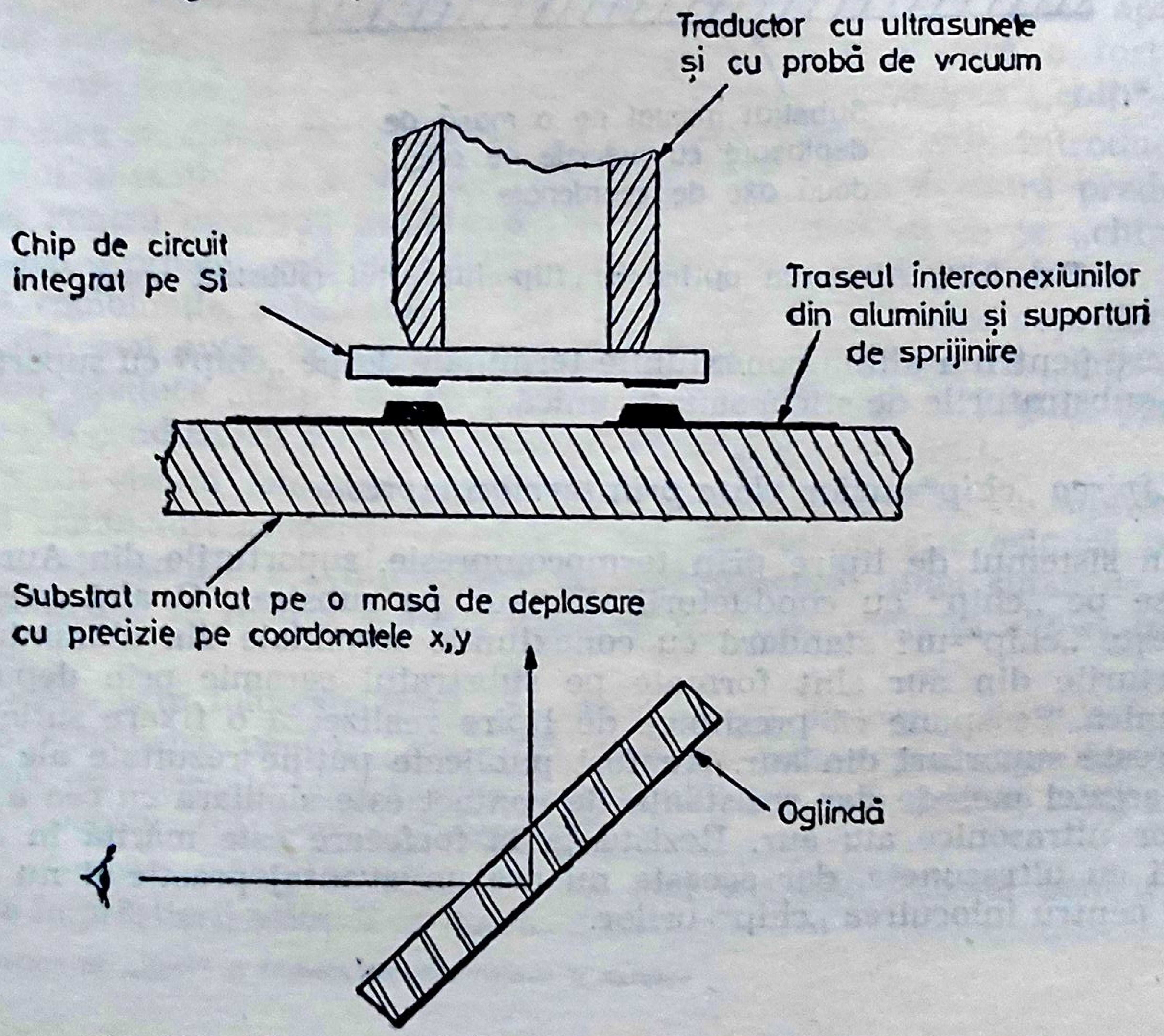

Traductor cu ultrasunete
şi cu probă de vacuum
Chip de circuit integrat pe Si
Traseul interconexiunilor din aluminiu şi suporturi de sprijinire
Substrat montat pe o masă de deplasare cu precizie pe coordonatele x,y
Oglindă

Fig. 8.23. Alinierea optică a „flip-chip"-ului (substrat de sticlă).

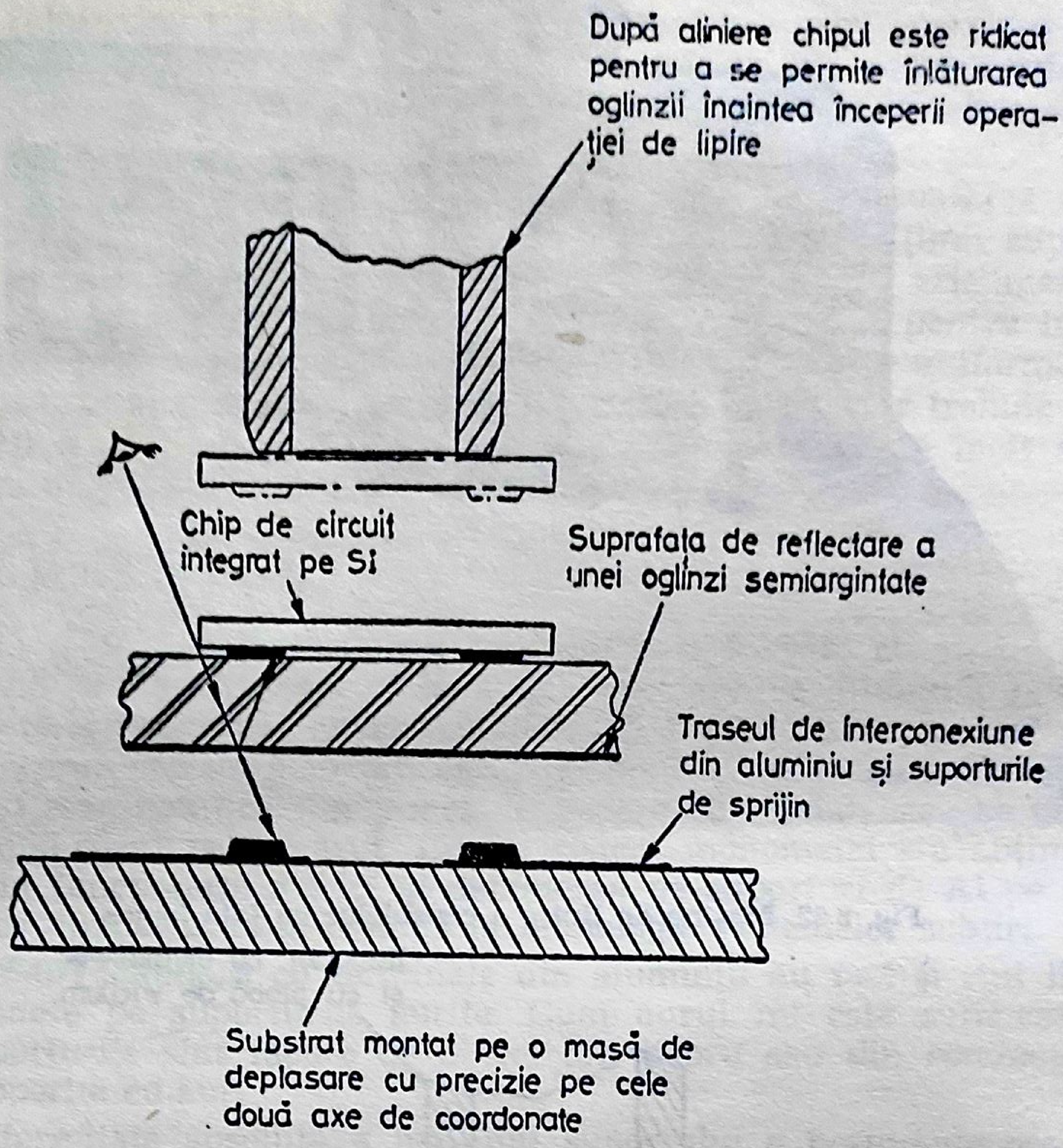

După aliniere chipul este ridicat pentru a se permite înlăturarea oglinzii înaintea începerii operației de lipire
Chip de circuit integrat pe Si
Suprafața de reflectare a unei oglinzi semiargintate
Traseul de interconexiune din aluminiu și suporturile de sprijin
Substrat montat pe o masă de deplasare cu precizie pe cele două axe de coordonate

Fig. 8.24. Alinierea optică a „flip-chip“-ului (substrat opac).

necesare pentru a alinia conexiunile terminale de pe „chip“ cu suporturile de pe substraturile de sticlă sau ceramică.

Lipirea „chip“-urilor plate prin termocompresie

În sistemul de lipire prin termocompresie, suporturile din Aur sînt depuse pe „chip“ cu conductorii din aur pe substrat. O altă variantă folosește „chip“-uri standard cu conexiunile terminale din aluminiu iar suporturile din aur sînt formate pe substratul ceramic prin depunere galvanică. Se spune că presiunea de lipire realizează o fixare suficientă pe aceste suporturi din aur. Au fost publicate puține rezultate ale folosirii acestei metode dar rezistența de contact este similară cu cea a lipiturilor ultrasonice aur-aur. Rezistența la forfecare este mărită în cazul lipirii cu ultrasunete, dar aceasta nu are un avantaj practic și nu e de dorit pentru înlocuirea „chip“-urilor.

Lipirea în val

Această metodă a fost folosită cu mult succes în producţia de echipamente de calcul. Costurile de asamblare sînt mai scăzute, procesul poate fi mecanizat mai uşor, necesită muncitori mai puţin calificaţi şi se pot folosi orice configuraţii de substrat sau de conductor inclusiv plachete imprimate.

O aliniere precisă nu este esenţială întrucît tensiunea superficială împinge suprafeţele ce trebuiesc lipite una către cealaltă ca să realizeze un contact pe o suprafaţă maximă. Această tehnologie nu este recomandată pentru „chip"-uri cu disipaţie termică mare sau pentru echipamente care lucrează la temperaturi ridicate. Dacă nu sînt cerute sute de mii de „chip"-uri, prelucrarea suplimentară a bucăţii de substrat poate fi prea dificilă pentru a se justifica acest procedeu atunci cînd a fost stabilit un anumit cost de fabricaţie.

Actualmente se folosesc mai multe metode. Pot exista uneori proeminenţe ale soluţiei de lipit pe „chip", alteori pe substrat iar alteori bile mici de substraturi de lipire acoperite cu Cu pot fi plasate între cele 2 componente. Un număr de producători furnizează „chip"-urile complete cu proeminenţe de soluţie de lipit (o prelucrare suplimentară constă dintr-o metalizare pe aluminiu şi imprimarea unui strat de pasivizare pentru a face posibilă depunerea de proeminenţe de soluţie de lipit cu dimensiune controlată pe fiecare conexiune terminală). Se aplică apoi pe substrat substanţa de lipire. Greutatea „chip"-ului asigură o forţă de apăsare suficientă pentru ca să nu se producă deplasarea „chip"-ului.

Căldura se aplică fie printr-un jet de aer cald sau prin introducerea întregului ansamblu într-un cuptor cu profile de temperatură predeterminate. Pentru uşurarea poziţionării şi lipirii se preferă ca pe „chip" să se depună o proeminenţă cu profil emisferic şi un altul pe substrat. Prin această combinaţie, substratul pe care se află cea mai mare suprafaţă de lipire este mai puţin deteriorat atunci cînd se înlocuieşte un „chip". Un fabricant produce „chip"-uri cu proeminenţe acoperite cu argint, pentru ataşarea la conductorii acoperiţi cu material a soluţiei de lipit.

Un alt sistem foloseşte suporturi de cupru acoperite cu soluţie de lipit şi conductori acoperiţi cu cupru. Această combinaţie asigură poziţionarea ultrasonică a „chip"-urilor şi apoi aplicarea unei surse de căldură pentru a se realiza sudura, după ce modulul complet a fost testat electric.

Metoda care foloseşte foiţe de cupru cu un diametru de 0,127 mm este satisfăcătoare pentru „chip"-uri care au puţine picioruşe dar bile mai mici, cu toleranţe largi asupra diametrului (ex. sub ±0,025 mm) ar fi necesare pentru „chip"-uri mai complexe.

O tehnică similară aceleia descrise mai sus este folosită pentru limitarea împrăştierii soluţiei de lipire.

Fixarea componentelor discrete

Componentele discrete sînt incluse în multe ansamble hibride. Tranzistorii, în capsule cilindrice tip TO18 şi TO46, sînt lipiţi simplu de circuitele pe peliculă groasă dar piciorușele de Ni—Fe ocupă o suprafaţă cu aria de secţiune relativ mare, ceea ce face ca aceste forme de încapsulare să nu fie adecvate pentru lipirea trazistorilor pe circuite cu pelicule subţiri. Alte capsule miniatură tip LID şi TO51 sînt folosite pentru tranzistorii discreţi. Aceste capsule sînt mai uşor de manevrat dar nu sînt aşa de sigure în funcţionare şi în general sînt mai scumpe decît capsulele standard.

Condensatorii depuşi pe pelicule subţiri sau groase ocupă o mare suprafaţă a substratului şi dacă nu există o cerinţă pentru o jumătate de duzină sau mai multe condensatoare cu valori mici ale capacităţii, este mai economic să se folosească condensatori discreţi.

Pentru aplicaţii hibride au fost special dezvoltate mai multe serii de condensatori „chip“.

Condensatorii „chip“ ceramici au valori de la cîţiva pF pînă la 1 µF cu toleranţe sub ±10%. Construcţia lor necesită lipituri interne de fire şi de fire de conexiune cu exteriorul. Conexiunile plăcilor sînt scoase pe o faţă şi cele două suprafeţe metalizate pot fi lipite direct de conductorii de pe substrat. Nu este posibilă o potrivire a coeficienţilor de dilatare termică a materialului substratului şi a materialului condensatorului, (anume titanatul de bariu) şi de aceea trebuie avut grijă cînd se încălzeşte tot acest ansamblu pentru a nu apare tensionări nedorite datorită temperaturii. Dacă componenţii au coeficienţi similari de dilatare termică şi dacă procesul de fabricaţie este controlat, prin păstrarea temperaturilor substratului şi a condensatorului la valori apropiate, se obţin lipituri sigure chiar în condiţiile unei producţii de serie mare.

Rezistenţele „chip“, avînd terminale similare cu condensatorii „chip“ sînt uşor de procurat într-o gamă largă de valori şi la graduri de toleranţe foarte strînse. Ele sînt realizate prin procedeul peliculei groase pe Aluminiu şi atunci coeficientul de dilatare termică este compatibil cu cel al substratului ceramic, nemai existînd problemele menţionate mai sus. De obicei rezistenţa „chip“, realizată prin tehnologia peliculelor groase, se utilizează atunci cînd se cere o gamă largă de valori sau în cazul unei rezistenţe cu valori extreme, pentru care vor fi necesare compoziţii speciale pentru cernelurile de imprimare. În general orice tip de component miniatură poate fi fixat pe circuite cu peliculă subţire prin sudură sau prin legătură cu fire de conexiune.

Componentele voluminoase trebuie să fie protejate mecanic, de obicei prin intermediul unor răşini adezive, evitîndu-se prin aceasta şi tensionarea conexiunilor electrice.

Conexiunile de trecere

În ansamblurile hibride se simte nevoie pentru folosirea de circuite imprimate dublu față cu conexiuni de trecere între cele două suprafețe imprimate.

Dacă sînt necesare puține conexiuni de trecere, se pot folosi pentru aceasta sîrme de conexiune, dar în ambele situații ele trebuie lipite manual la ambele capete. Acest proces poate fi scump, supus erorii de operare și de poziționare a conductorilor de trecere.

În cazul în care sînt necesare multe conexiuni de trecere între circuitele de pe o față a plachetei cu cele de pe cealaltă față se folosește o așa numită metodă a „chip“-ului de conexiuni de trecere. Acestea sînt „chip“-uri de Si avînd un număr de conductori dispuși direct pe o față a lor.

Aceste „chip“-uri sînt fixate de substrat prin orice metode folosite pentru „chip“-urile plate și se realizează o punte peste conductorii depuși pe substrat. Dezavantajele acestei metode sînt constituite de probleme ca cea a lungimii traseului legăturii, putînd să se creeze în mod nedorit pînă la 10 condensatori pe o anumită suprafață de trecere și să fie necesar suprafețe suplimentare din substrat.

Trecerile dielectrice rezolvă aceste dezavantaje tehnice dar introduc o serie de noi dificultăți în procesul de fabricație în particular datorită porozității materialului dielectric. Folosind măștile imprimate de sticlă drept dielectric, trecerile dielectrice pe pelicule groase se produc în proporție de 99,995%. Se impun cercetări asidue pentru cazul peliculelor subțiri. Cel mai mare obstacol care stă în calea adoptării conductorilor depuși prin metode galvanice și de imprimare a substraturilor metalizate este lipsa unei tehnici viabile de realizare a conexiunii de trecere.

Configurațiile conductoare multistrat

În cazul unor rețele complexe de conductori depuși, este necesar o tehnică similară cu cea utilizată la confecționarea plăcilor imprimate multistrat, folosind treceri dielectrice. Rețelele multistrat vor fi construite în conformitate cu tehnologia trecerilor pentru pelicule groase.

Pentru realizarea unei conexiuni de trecere între două nivele apar dificultăți în folosirea lipiturilor standard de sticlă izolatoare, căci atunci cînd sînt necesare mai multe cicluri de coacere, sticla se înmoaie și atunci conductorii pot aluneca și se pot produce scurt circuite.

Pentru a evita aceste situații se folosesc paste foarte puțin fluide care restrîng mobilitatea smalțului la recoacere.

De asemenea în momentul de față se efectuează lucrări de cercetare asupra pastelor dielectrice recristalizate.

O altă dificultate legată de multistraturi este efectul de deteriorare a suprafețelor, adică stratul de sticlă devine foarte subțire și se pot produce pori, goluri în suprafață datorită unor modificări bruște ale topografiei. Pentru a nu se produce acest efect, spaţiul dintre conductori se umple cu un izolant imprimat conform negativului configuraţiei conductoare, aşa numita imprimare complementară. Pe această suprafaţă relativ plană se imprimă acum smalţ dielectric prevăzîndu-se fante pentru ulterioare conexiuni între conductorii din diversele straturi. Se imprimă negativul configuraţiei conductoare după care se imprimă stratul conductor realizîndu-se astfel conexiunile de trecere. Acest proces se repetă pentru toate straturile cu excepţia celui mai superior care nu necesită procedeul descris mai sus.

Teoretic nu există nici o limitare a numărului de straturi dar practic numărul de straturi trebuie minimizat pentru a se obţine viteze corespunzătoare în procesul de producţie, la preţuri de cost acceptabile. Rezistenţele ce urmează a fi fixate pe substraturile multistrat, se depun de obicei pe stratul exterior pentru a se obţine un acces rapid. Înaintea precizării procesului de fabricaţie trebuie luate în consideraţie problemele de compatibilitate a materialelor şi de stabilitate chimică.

Un nou concept în sistemele multistrat este cel al stratului conductor îngropat. Straturi din ceramică necoaptă prevăzute cu goluri pentru conexiunile de trecere sînt intercalate cu plăci ceramice imprimate cu diverse configuraţii conductoare metalizate. Tot acest sandviş este încălzit la temperaturi înalte şi sinterizat pentru a forma o structură monolitică. Suprafeţele exterioare vor avea un grad de finisare suficient de bun pentru a se depune anumite configuraţii conductoare (conform cerinţelor utilizatorilor folosind procedee ale peliculelor groase sau subţiri. Conductorii îngropaţi permit închiderea unor plane de masă, care micşorează fenomenul de diafonie şi permit folosirea tehnicii liniei de transmisie. Asemenea structuri monolitice sînt foarte scumpe dacă aplicaţiile respective nu necesită comenzi mari de ansambluri monolitice cu structuri îngropate identice.

Încapsularea ansamblelor hibride

În funcţie de tipul aplicaţiei se poate folosi încapsulare cu plastic sau cu conteiner ermetic etanşat.

Ansamblul hibrid trebuie să fie protejat împotriva acţiunii umezelei şi altor factori de contaminare atmosferici, iar suportul mecanic trebuie să fie capabil să reziste la şocurile ce apar în timpul transportului. Trebuie de asemenea asigurat un mijloc prin care să se elimine căldura din capsulă. Nu există tipuri standard de capsule. Mărimea şi forma ansamblurilor hibride este dependentă de producător dar în vederea folosirii eficiente a maşinilor unelte acestea ar trebui folosite pentru o gamă largă de ansambluri hibride. Dată fiind varietatea circuitelor, a specificaţiilor de mediu înconjurător şi a ritmului de dezvoltare a tehnologiilor este dificil de a se standardiza un anumit tip de capsulă chiar pentru cazul unei game specializate de ansambluri hibride cum sînt cele ce se utilizează în sistemele de afişare.

În cazul unui echipament care trebuie să satisfacă cerințele unor variații ciclice de temperatură este esențială o etanșare ermetică realizată fie sub formă unei capsule ceramice fie a unei capsule cilindrice metalice cu încapsulări de sticlă pe metal.

Baza capsulei ceramice este folosită uneori ca substrat al circuitului. Conexiunile exterioare sînt aduse la marginea conexiunilor terminale de care sînt lipite cu alamă. Este necesară o lipitură foarte rigidă pentru care conexiunile terminale sînt realizate prin depuneri de Ni sau manganeziu de molibden urmate apoi de coacere la o temperatură ridicată. Peste substrat și peste fișiile depuse pe conexiunile terminale se aplică un strat de pastă dielectrică. După asamblare și testare se fixează un capac ceramic în formă de disc smălțuit.

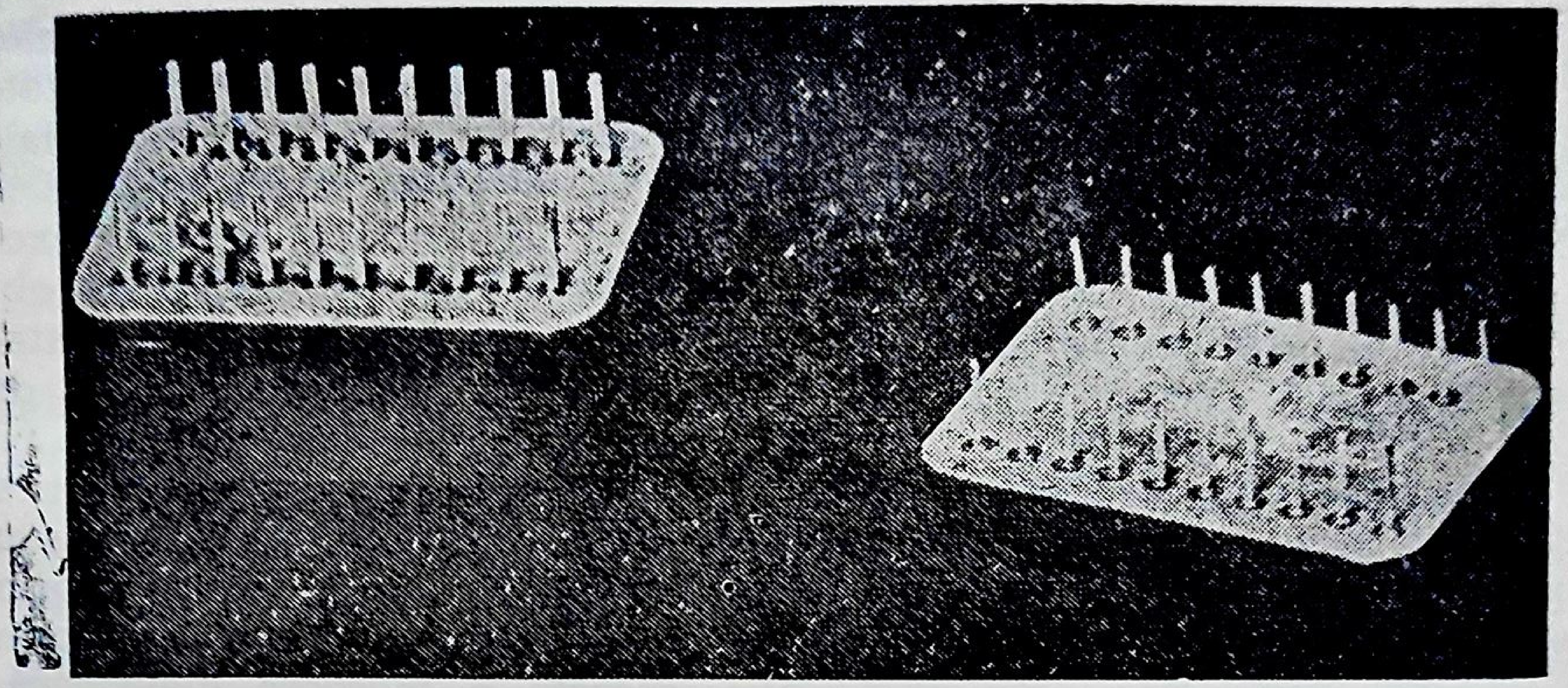


Fig. 8.25. Capsulă metalică pentru circuit hibrid.

În anumite situații se folosește un capac amovibil în care caz se depune o soluție de lipire cu temperatură mică de topire pe pasta dielectrică și se sudează apoi pe capacul metalic sau pe discul ceramic metalizat. În altă variantă, terminalele se găsesc pe spatele substratului ceramic și sînt conectate la circuit prin găuri de trecere metalizate. Această capsulă este etanșată cu un capac metalic care este lipit cu alamă de marginea metalizată a porțiunii de circuit de pe multistrat.

Terminalele din capsulele metalice sau ceramice trebuie să aibă coeficienți de dilatare termică care să se potrivească cu cele ale dielectricului. Aceasta necesită folosirea unor materiale ca NiFe sau alte materiale ca de exemplu Kowar pentru confecționarea de conductori rotunzi sau panglici ca cele folosite pe „chip"-urile plate.

În operația de asamblare finală capsulele cilindrice etanșate ar trebui curățate cu gaz inert sau vacuum amestecat cu nitrogen sau Heliu pentru a se evacua resturile de umezeală. Precauții speciale sînt uneori necesare pentru echipamentul fixat la sol dar modulele ce urmează a fi incluse în echipamente supuse la șocuri și vibrații trebuie să fie acoperite cu o spumă plastică folosită şi drept suport mecanic. În această situaţie trebuie acordată o atenţie deosebită problemei variaţiei termice cu ajutorul unor căi conductoare către radiatorii de căldură exteriori. Încapsularea cu plastic începe să fie folosită din ce în ce mai larg în aplicaţiile fără caracter militar. Tensiunile interne ce se produc şi care conduc la ruperea firelor sau a lipiturilor, au fost evitate prin folosirea unor materiale cu care să se umple capsula şi care să reducă reacţia exotermă. Acelaşi rezultat se obţine prin folosirea unor materiale de acoperire cum e de exemplu răşina siliconică.

Toate materialele plastice într-o proporţie mai mare sau mai mică absorb umezeala prin masa materialului, apărînd prin aceasta o pierdere dielectrică. Acest fenomen este mai neplăcut dacă nu se obţine o adeziune completă şi dacă golurile pot să fie umplute în mod nedorit de particule de umezeală.

O degradare serioasă se produce dacă umezeala absorbită mai culege şi impurităţile chimice din plastic. Unele răşini epoxidice conţin mai mult de 30 ingredienţi diferiţi, cu un conţinut în procentaje neprecizat. Aciduri sau alte reziduri din agenţii de întărire a răşinilor de fixare pot fi absorbiţi prin pătrunderea umezelii, producînd deteriorări electrice.

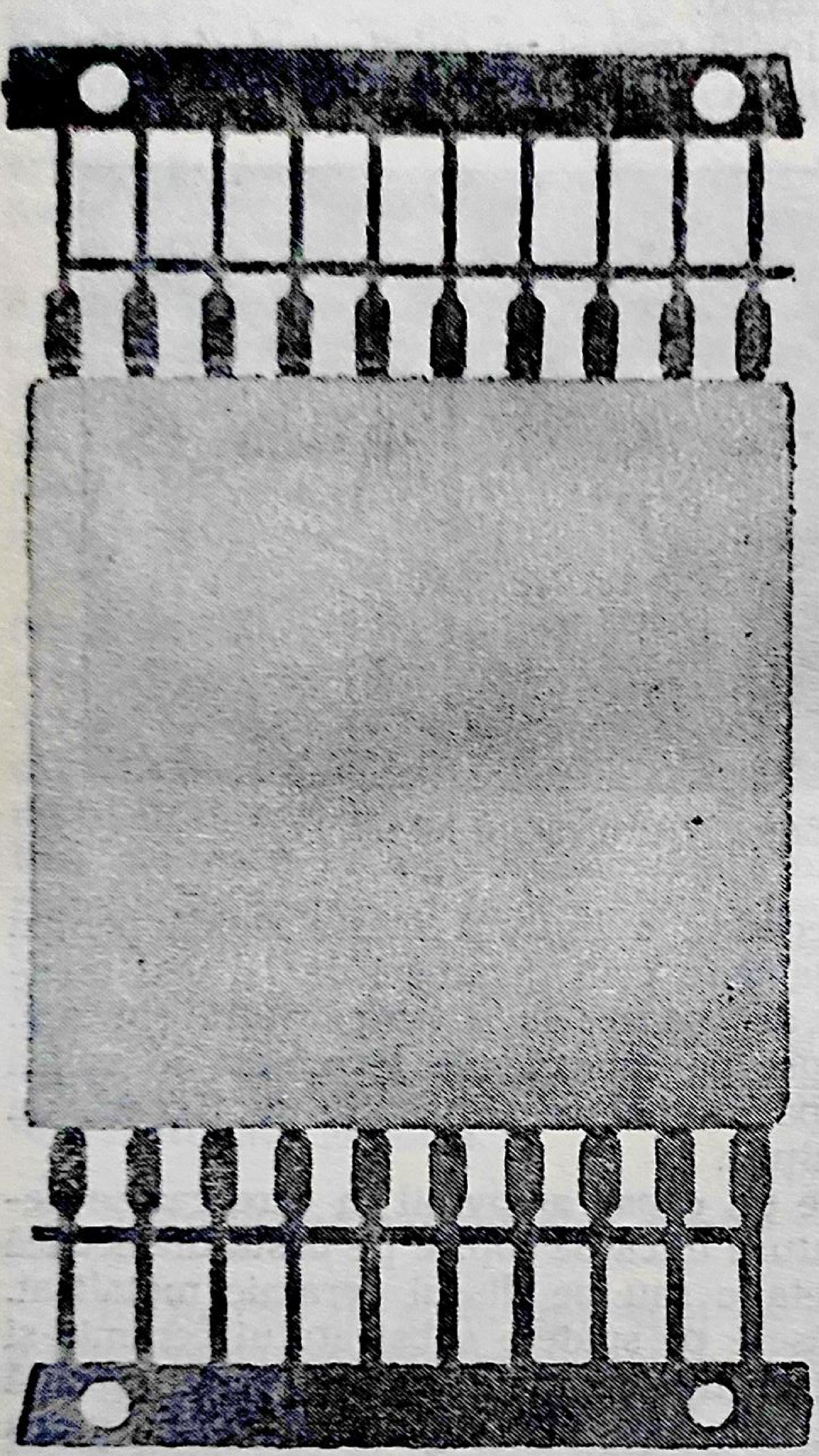


Fig. 8.26. Capsule ceramice pentru circuit hibrid.

Materialele termoplastice au un coeficient scăzut de absorbţie al apei dar proprietăţi reduse de udare şi aderare.

O sursă de infiltrare a umezelii este de-a lungul terminalelor. Nici un material plastic cunoscut nu aderă la un terminal metalic în modul în care sticla se lipeşte chimic de oxizii metalici.

Mecanismul de deteriorare ce se produce într-o capsulă plastică este acela de corodare metalică şi de deplasare a ionilor de impurităţi într-un cîmp electric. Pînă cînd aceste probleme nu îşi găsesc rezolvarea, încapsularea plastică nu este recomandabilă pentru ansamblurile hibride care sînt supuse unor cicluri de temperatură într-o atmosferă cu umiditate crescută.

Trebuie menționat însă aici un modul care constă dintr-un număr de mici substraturi suprapuse conectate prin fire de conexiune și care sînt asamblate într-o capsulă metalică după așa numitul principiu „Tinkertoy". Mai menționăm de asemenea capsulele plate mari aflate fie într-o cutie de plastic, fie într-o cutie de metal, care va permite montarea de circuite pe peliculă și „chip"-uri de circuite integrate pe Siliciu independent, precum și conectarea dintre ele, aceasta fiind realizată prin fire subțiri de conexiune.

Previziuni asupra siguranței în funcționare

Pînă în prezent s-au elaborat cantități insuficiente de ansamble hibride pentru a se putea stabili o statistică privind siguranța lor în funcționare.

Circuitele integrate pe siliciu nu prezintă nici un fenomen de deteriorare și au un MTBF de 0,01%/1 000 ore. Cum aceste cerințe sînt în continuă schimbare este necesară consultarea periodică a literaturii de specialitate. Să presupunem că circuitele cu peliculă sînt mai sigure în funcționare decît ansamblurile echivalente de componente discrete dar pînă acum nu se cunosc rezultate concrete.

Pentru legătura prin fire subțiri de conexiune se cunosc cifre de siguranță mare în funcționare pentru încapsularea „chip"-urilor în module standard, dar aceste cifre nu pot fi adoptate și pentru cazul fixării pe circuitele cu peliculă. Pentru procedeele de lipire în val a „chip"-urilor folosind biluțe de cupru se cunosc cifre de siguranță în funcționare numai de 0,00004%/1000 ore.

În privința modulelor „multichip" se așteaptă ca ele să fie mai sigure în funcționare dat fiind numărul mai mic de conexiuni executate manual. Pentru acesta mai sînt însă necesare efectuarea de experiențe și cercetări privind trecerile dielectrice și metodele de prindere a diverselor configurații conductoare. Dintre multitudinea de metode va trebui aleasă metoda cea mai convenabilă pentru care se vor întocmi specificațiile, procedurile de control în linia de fabricație și cele de control final. Pe măsură ce se publică mai multe informații, utilizatorii vor putea estima coeficientul de disponibilitate al unui sistem.

Metode de montare și interconectare

Condiții de proiectare

O primă indicație asupra tipului constructiv ce este cerut este dată de specificația de utilizare. Pentru centrele de control ale traficului aerian și pentru alte echipamente de vizualizare fixate la sol cele mai potrivite soluţii constructive vor fi cele sub forma unor plachete imprimate, montate în conectoarele unor sertare. Dacă echipamentul urmează a fi transportabil, montat fie pe un vas, sau pe un vehicul, trebuiesc luate măsuri de precauţie speciale pentru ancorarea componentelor mai grele de pe plăci şi pentru fixarea mai sigură a plachetelor. În locul ansamblelor realizate cu plăci imprimate interconectate prin cablaj cu fire înfăşurate la nivelul fundului de sertar, trebuiesc luate măsuri pentru proiectare de module hibride cu o mare densitate de componente în vederea optimizării spaţiului.

Date fiind disipaţiile mari de putere vor fi necesare măsuri speciale şi dispozitive de răcire care conduc la modificări ale arhitecturii standard a echipamentului. Modul de interconectare între blocurile constructive va fi influenţat de cerinţele specificaţiilor de mediu şi MTBF. Dată fiind necesitatea optimizării acţiunilor de reparaţie şi de întreţinere, va trebui asigurat un grad ridicat de acces deci va trebui determinat nivelul de asamblare la care vor fi necesari conectori.

Toate aceste probleme trebuiesc rezolvate în contextul menţinerii costurilor de producţie la nişte cifre acceptabile. Pe măsură ce se dezvoltă tehnologia microcircuitelor, apare ca inevitabilă folosirea unor tehnici şi procedee de fabricaţie scumpe, şi a unui personal de înaltă calificare. Chiar dacă există o tendinţă naturală de a se introduce noi metode inginerii proiectanţi specializaţi în probleme de încapsulare nu vor proceda astfel decît dacă rezolvarea problemelor menţionate se dovedeşte economică.

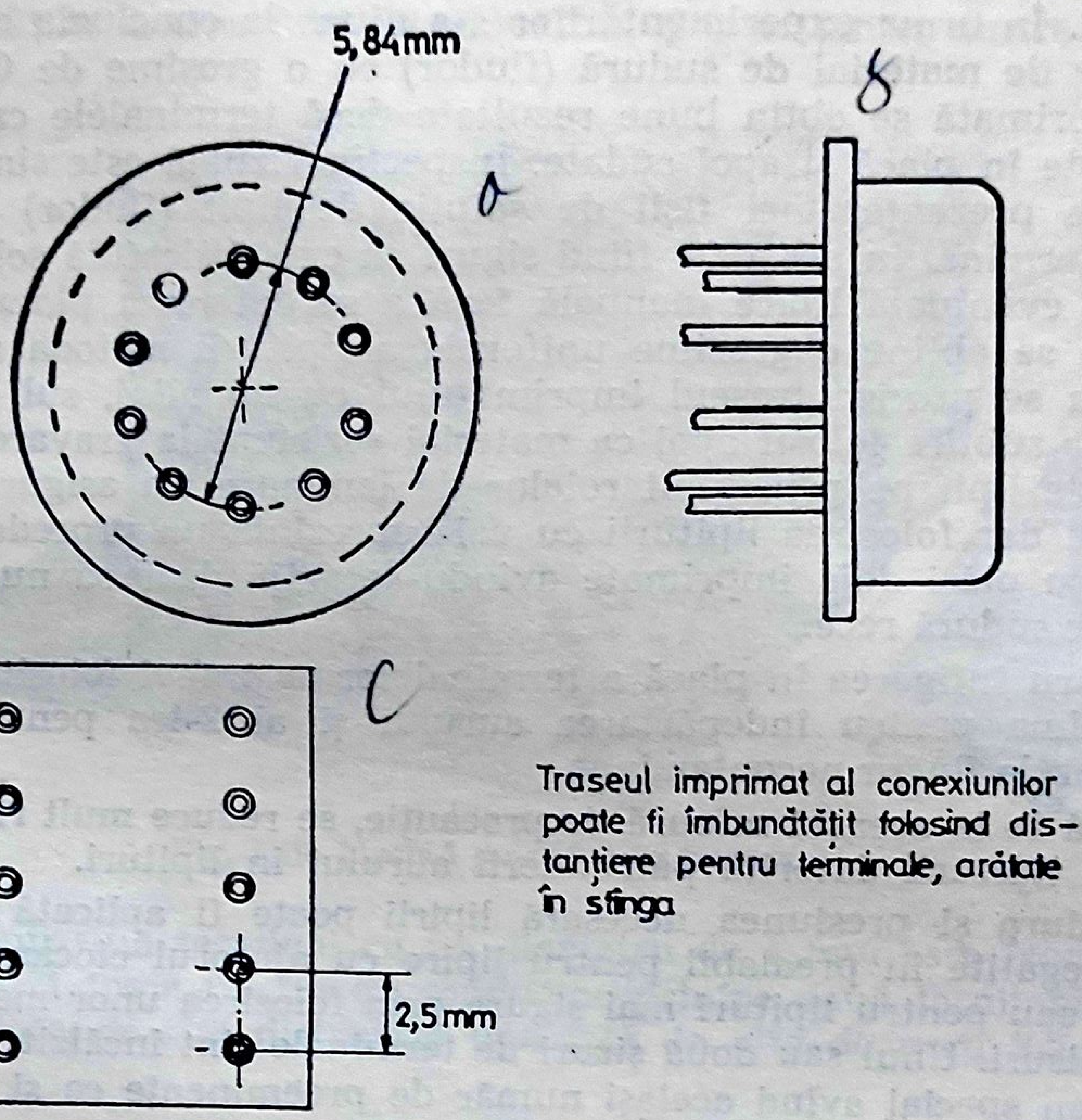
Fixarea capsulelor standard de circuite integrate pe Si, pe plăci cu cablaje imprimate

În proiectarea curentă a echipamentelor, plăcile cu cablaje imprimate sînt larg folosite pentru montarea şi interconectarea circuitelor microelectronice. În capitolul precedent au fost descrise proprietăţile plăcilor imprimate pe o singură faţă, pe două feţe şi a celor multistrat ce se folosesc pentru circuite şi capsule cilindrice tip TO, capsule cu terminale plate sau cu terminale îndoite.

Pentru oricare din aceste tipuri de capsule, fixarea lor pe plăcile cu circuite imprimate se realizează folosindu-se simple ciocane de lipit sau soluţii de o mai mare productivitate. Un dezavantaj al capsulei cilindrice ce aparent este evidenţiat cînd se proiectează modul de interconectare a diverselor căi conductoare ale traseului imprimat este acela că este nepractic ca printre terminalele capsulei să se treacă căi de conexiune imprimate, dată fiind distanţa foarte mică dintre aceste terminale. Acest dezavantaj poate fi realizat prin folosirea unor socluri speciale care convertesc ordinea circulară de dispunere a terminalelor din capsulele cilindrice într-o dispunere pe două rînduri cu terminalele de pe un rînd distanţate la 2,5 mm. Terminalele sînt realizate din fire de

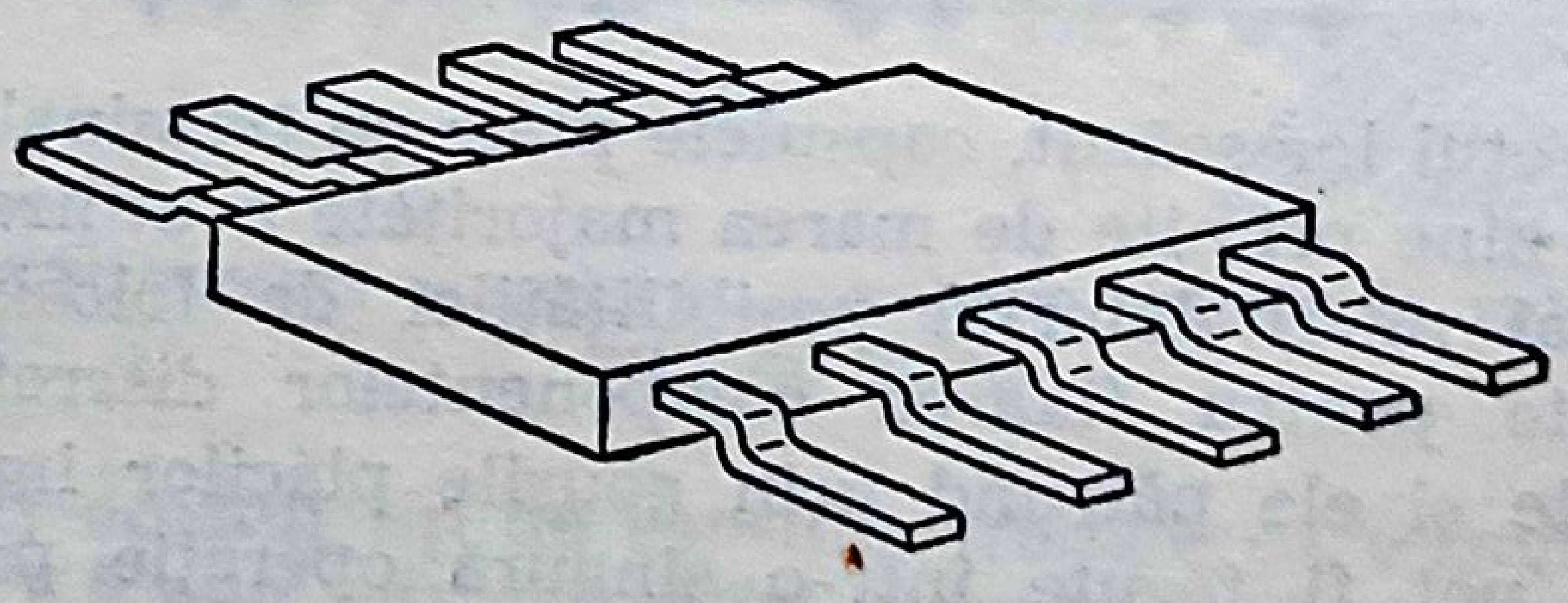
Fe-Ni aurite, ce sînt lipite la circuitul imprimat de pe placă într-un mod asemănător cu cel folosit pentru lipirea componentelor discrete.

Ansamblul dintr-o capsulă plată cu terminalele plate se montează aşa cum se poate vedea în figura 8.28. Terminalele vor fi astfel îndoite ca pe o porţiune din lungimea lor să fie în contact direct cu circuitul imprimat. Această îndoire a terminalelor trebuie realizată cu scule spe-



Traseul imprimat al conexiunilor poate fi îmbunătăţit folosind distanţiere pentru terminale, arătate în stînga

Fig. 8.27. Soclul pentru capsule tip T 05.



Metoda normală de montare, terminale îndoite uşor

Fig. 8.28. Capsulă plată cu terminale plate.

ciale prin care să se evite orice tensionări la nivelul joncţiunii dintre sticlă şi metal. S-a crezut că în cazul unor asemenea terminale plate din Kovar aurite, cu o lăţime de 0,35 mm şi o grosime de 0,1 mm cel mai bine ar fi să fie sudate. S-au folosit pentru aceasta, maşini de sudură cu electrozi paraleli şi laminate speciale cu conductori sudabili. În momentul de faţă pot fi realizate fixări sigure pe laminatul placat cu Cu prin folosirea procedeului de lipire în val şi a unei maşini de lipire cu impulsuri. În urma experimentărilor s-a ajuns la concluzia că pentru un conductor de material de sudură (fludor) cu o grosime de 0,025 mm pe placa imprimată se obţin bune rezultate dacă terminalele capsulei plate sînt înfipte în placă şi apoi sudate. Inspecţia vizuală este simplă dacă se urmăreşte prezenţa unei fişii de soluţie de lipit (fludor) de-a lungul fiecărui terminal în acest fel fiind siguri că există destulă soluţie de lipit pentru o eventuală lipire manuală fără a se deteriora placa imprimată. Pentru a se obţine o grosime uniformă a lipiturii metoda recomandată este de a se preciza traseul imprimatului cu un aliaj, sub forma unui conductor subţire folosit apoi ca material rezistent la gravare. Întinderea soluţiei de lipit pe principiul rolelor de laminare nu asigură o grosime suficientă dar folosirea lipiturii cu val reprezintă un procedeu satisfăcător pentru plăci deja imprimate avîndu-se grijă doar să nu se producă puncte de sudură rece.

Pentru înfigerea în placă a terminalelor ar trebui folosite două operaţii: prima pentru îndepărtarea aurului şi al 2-lea pentru aplicarea unui strat de fludor necontaminat.

Dacă se ia această măsură de precauţie, se reduce mult riscul de forfecare a lipiturii datorită pătrunderii aurului în lipituri.

Căldura şi presiunea necesară lipirii poate fi aplicată acelor porţiuni pregătite în prealabil pentru lipire cu ajutorul ciocanelor de lipit manual sau pentru lipituri mai sigure prin folosirea unor maşini de lipit în impulsuri. Unul sau două şiruri de terminale sînt încălzite simultan cu un ciocan special avînd acelaşi număr de proeminenţe ca şi numărul de terminale. Pentru acest ciocan de lipit gradientul de temperatură se reglează pe toată întinderea mesei sale în aşa fel încît să fie realizată o sursă de căldură constantă în orice punct, independent de viteza operatorului.

Afară de preţul lor scăzut, capsulele plate cu terminale îndoite (dual-in-line) au fost bine primite de marea majoritate a utilizatorilor (în special firmele mai mici) datorită posibilităţilor de folosire a metodelor existente folosite pentru fixarea componentelor discrete. Terminalele sînt deja îndoite şi ele pătrund prin găurile plăcilor imprimate aşa că toate lipiturile pot fi făcute într-o singură operaţie prin parcurgerea plăcii de un val de soluţie de lipit.

Suprafaţa ocupată pe placă de acest tip de capsulă nu e cu mult mai mare decît cea ocupată de capsula plată cu terminale plate dar datorită înălțimii sale față de nivelul plăcii nu sînt posibile realizarea unor densități mari de plachete în sertar. Oricum în cele mai multe situații spațiul dintre plachete în sertar nu este determinat decît doar de înălțimea capsulei și a conectorului ei ci și de densitatea componentelor discrete. Utilizatorii de capsule plate cu terminale îndoite se plîng de anumite restricții impuse la nivelul traseului circuitului imprimat.

Un număr de proiectanți de circuite imprimate insistă asupra necesității unei lățimi a traseului de conexiuni și a distanței dintre trasee de 0,6 mm. Pentru un terminal cu un diametru de 1 mm este foarte dificil ca să se poată trece un traseu conductor printre două terminale (piciorușe) alăturate, ce sînt distanțate una față de alta doar cu 2,5 mm. De aceea la fixarea acestui tip de capsule, trebuie ca terminalele să aibă o lățime doar de 0,6 mm întrucît astfel e posibil o trecere de trasee imprimate printre terminalele integratului, nemaifiind necesară realizarea de găuri metalizate pe plăcile imprimate dublu față, deci reducîndu-se mult costul unor astfel de plăci echipate cu circuite integrate.

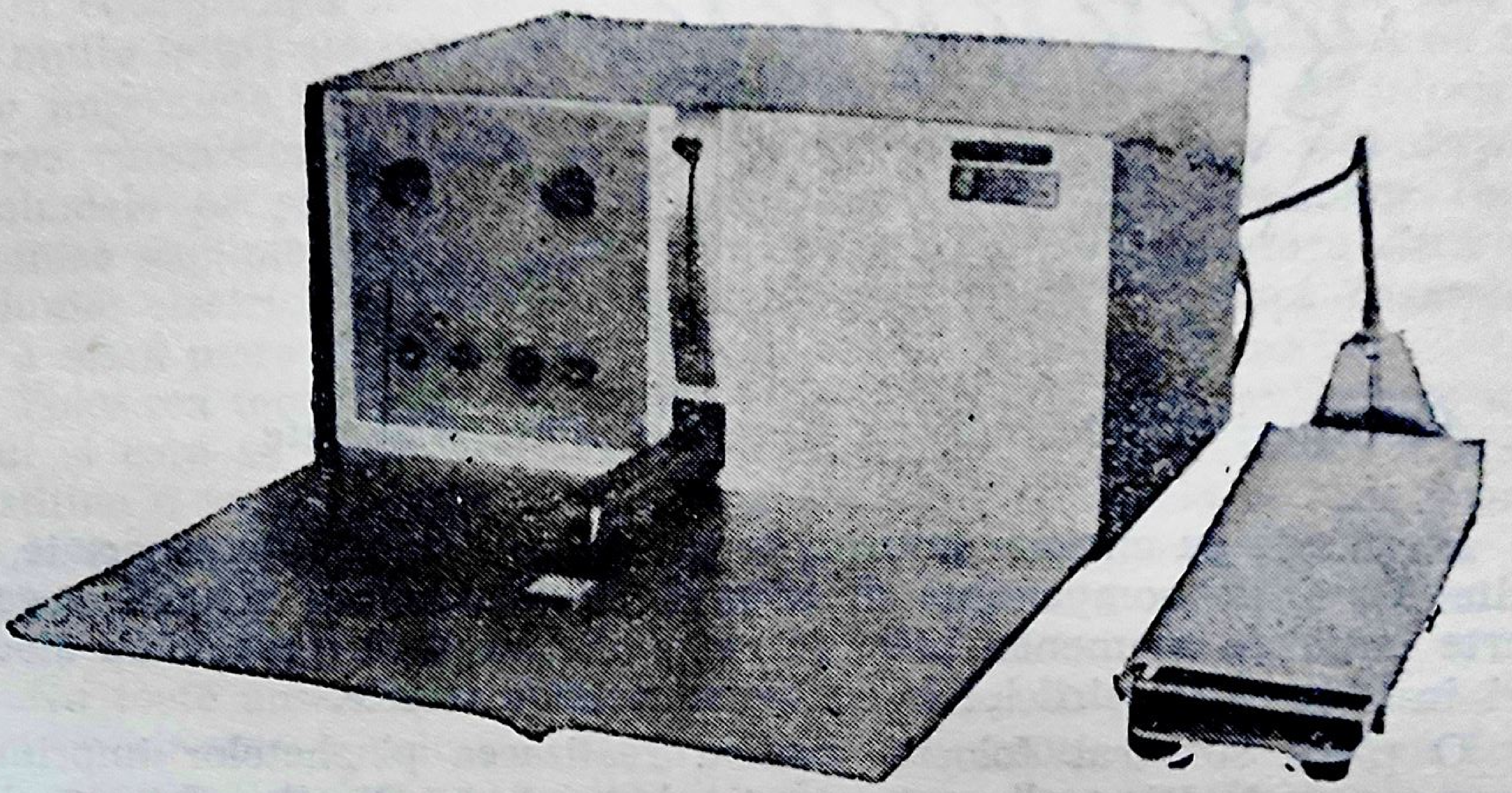


Fig. 8.29. Mașină de sudat în impulsuri.

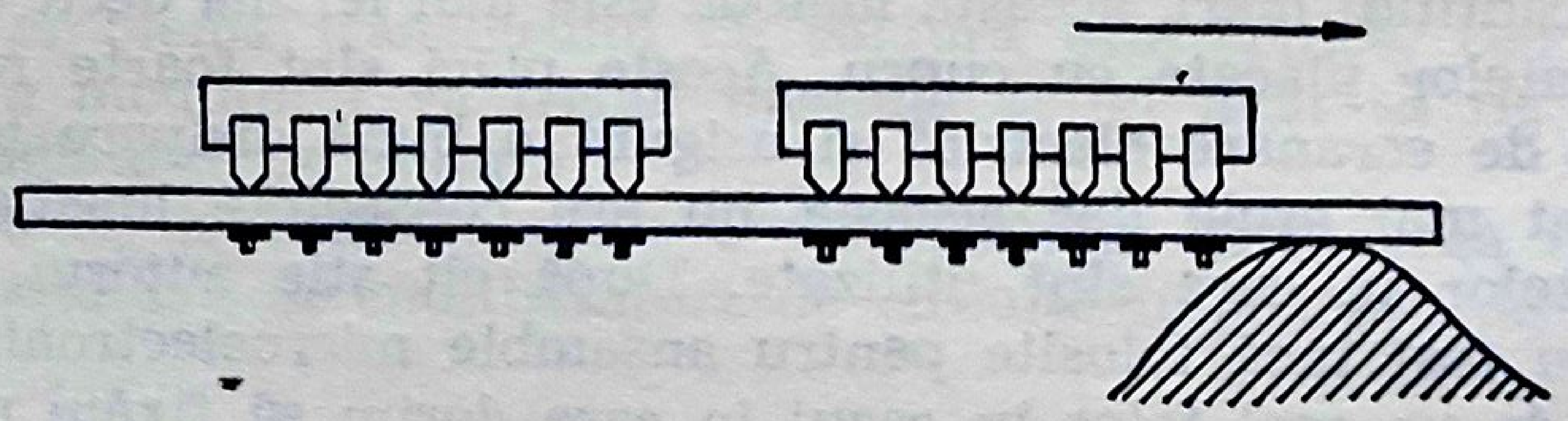


Fig. 8.30. Lipirea capsulei cu terminale îndoite, în val de soluție de lipire.

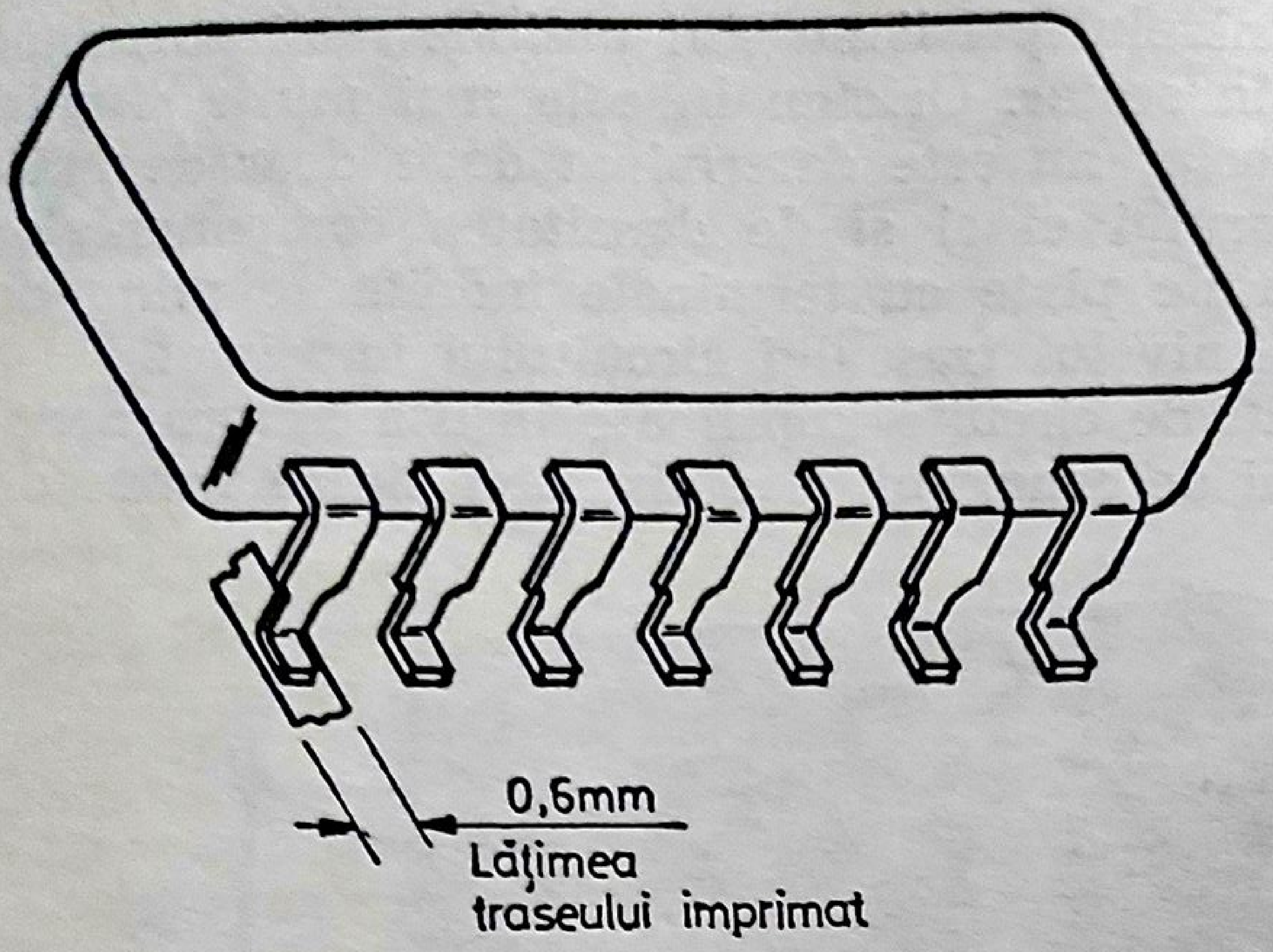


Fig. 8.31. Capsule plate cu terminale îndoite sudate în val.

Alte tipuri de plăci substrat pentru circuite imprimate

Pe plăcile cu circuite imprimate pot fi montate și interconectate, diferite tipuri de componente electronice. Există la ora actuală o gamă foarte largă de asemenea plăci într-o gamă largă de proprietăți și costuri, în vederea folosirii lor în echipamentele de afișare.

O placă substrat folosită pentru realizarea plachetelor imprimate dar cu proprietăți suplimentare este descrisă de Dinella. Este o placă metalică cu o grosime tipică de 1—2 mm acoperită cu un strat uniform de rășină epoxidică după ce au fost date găuri. Traseele conductoare sînt imprimate pe ambele suprafețe ale plăcii (inclusiv prin găurile metalizate) printr-un proces de acoperire galvanică cu cupru. Dacă e necesar, pot să se execute și acoperiri cu metale prețioase. Producătorii afirmă că pentru cantități mari, această metodă este mai ieftină decît cea a folosirii laminatelor placate cu cupru. Aceste plăci sînt foarte robuste, au proprietăți de ecranare electrică și asigură o bună disipare termică. În general sînt mai grele dar aceasta nu are consecințe imediate asupra echipamentelor în care sînt utilizate. După cît știe autorul, asemenea plăci nu au fost încă folosite pentru ansamble microelectronice dar ele pot să fie de un real folos în cazul în care dorim să fixăm module ce trebuie să reziste în condiții de șocuri mecanice.

Circuitele imprimate pe plăci ceramice de 130×100 mm au fost folosite în S.U.A. în aplicații aerospațiale. Pentru cazul unor cantități mici, găurile în substratul ceramic sînt realizate prin tehnica ultrasunetelor, dar pentru cantități mari ele sînt realizate prin procedee mecanice. Traseele conductoare și metalizarea găurilor de trecere pot fi realizate prin împroșcarea cu metal sau printr-o imprimare cu mască și apoi prin coacere, folosindu-se tehnologiile peliculelor groase, încorporîndu-se dacă e cazul şi componente discrete.

Fixarea capsulelor de circuite integrate cu Si şi a componentelor discrete se face folosind tehnicile convenţionale pentru peliculele groase.

Fixarea ansamblurilor hibride

Majoritatea ansamblurilor hibride au fost concepute cu terminale în configuraţia dual-in-line adică cu terminale îndoite pe o anumită faţă sau în configuraţia flat pack, cu terminale plate pe o margine sau pe mai multe laturi ale capsulei. Atunci cînd se montează pe plăcile cu circuite imprimate se foloseşte un procedeu asemănător cu cel folosit la fixarea capsulelor pe placă şi aria relativ întinsă pe care sînt dispuse terminalele pe placă face ca să nu fie necesară folosirea unor fixări mecanice suplimentare. Asemenea fixare este oricum necesară dacă conexiunile electrice sînt dispuse pe o singură latură sau dacă ansamblul are o masă mare şi echipamentul trebuie să fie testat la şocuri.

Folosirea unui fir de conexiune în formă de U care învăluieşte modulul şi care se lipeşte pe traseele de Cu de pe cealaltă faţă a plăcii constituie o variantă ieftină, eficace şi cu ajutorul căreia se face economie la spaţiu. Răşinile adezive sînt adecvate în asemenea cazuri dar nu sînt convenabile dacă va trebui să înlocuim vreodată modulul (circuitul) şi vom omite să le aplicăm din nou cînd s-a înlocuit modulul.

Nu toate ansamblele hibride au fost concepute pentru montarea pe plăci cu circuite imprimate. Mulţi dintre utilizatori insistă asupra folosirii conexiunilor înfăşurate datorită siguranţe dovedite în funcţionare.

În aceste cazuri terminalele modulelor sînt realizate dintr-un metal dur, cu secţiune transversală rectangulară. Modulele sînt astfel fixate pe plăci ca să se obţină un acces uşor al sculelor de cablare la aceste terminale. O suprafaţă solidă de fixare poate fi prinsă într-un suport metalic care va asigura în acelaşi timp şi un sistem de conducţie a temperaturii foarte eficient.

Dacă problema transferului de căldură este critică, cea mai largă suprafaţă a modulului va trebui montată astfel încît să fie în contact intim cu radiatorul de căldură.

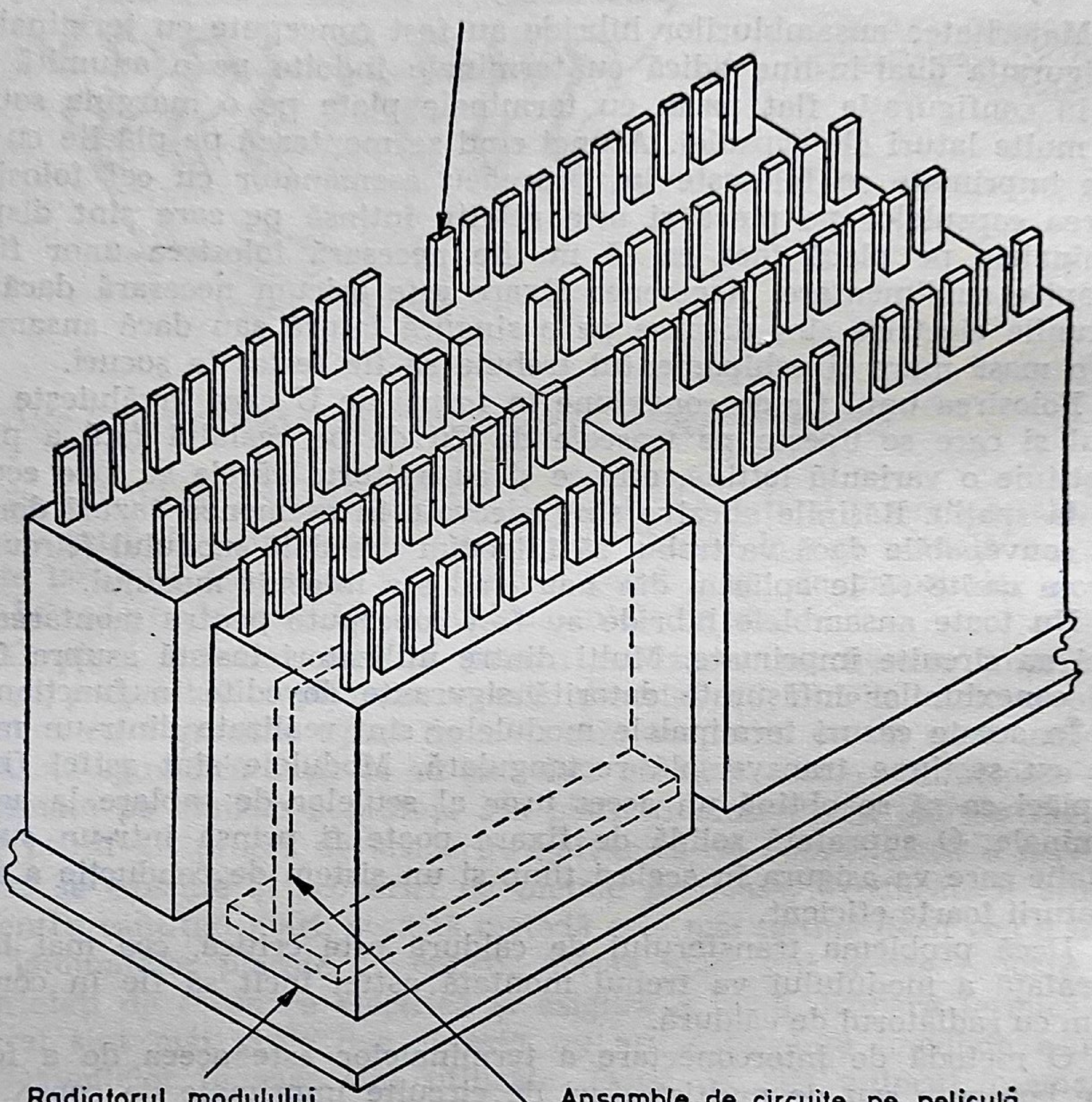
O metodă de interconectare a terminalelor este aceea de a folosi bare laminate sau de multistraturi de circuite imprimate de conexiune.

Exploatarea termică

Generalităţi

Tipurile mai recente de circuite integrate cu Si nu au ridicat probleme termice, căci laminatele placate cu cupru erau acceptabile nefiind necesare radiatoare de căldură. Dacă plăcile erau montate în poziţie

Conexiuni externe realizate prin cablaj imprimat flexibil sau cabluri. Terminalele folosite pentru realizarea interconexiunilor prin înfășurarea firelor de conexiune, au secțiune dreptunghiulară (vezi cap. 6)



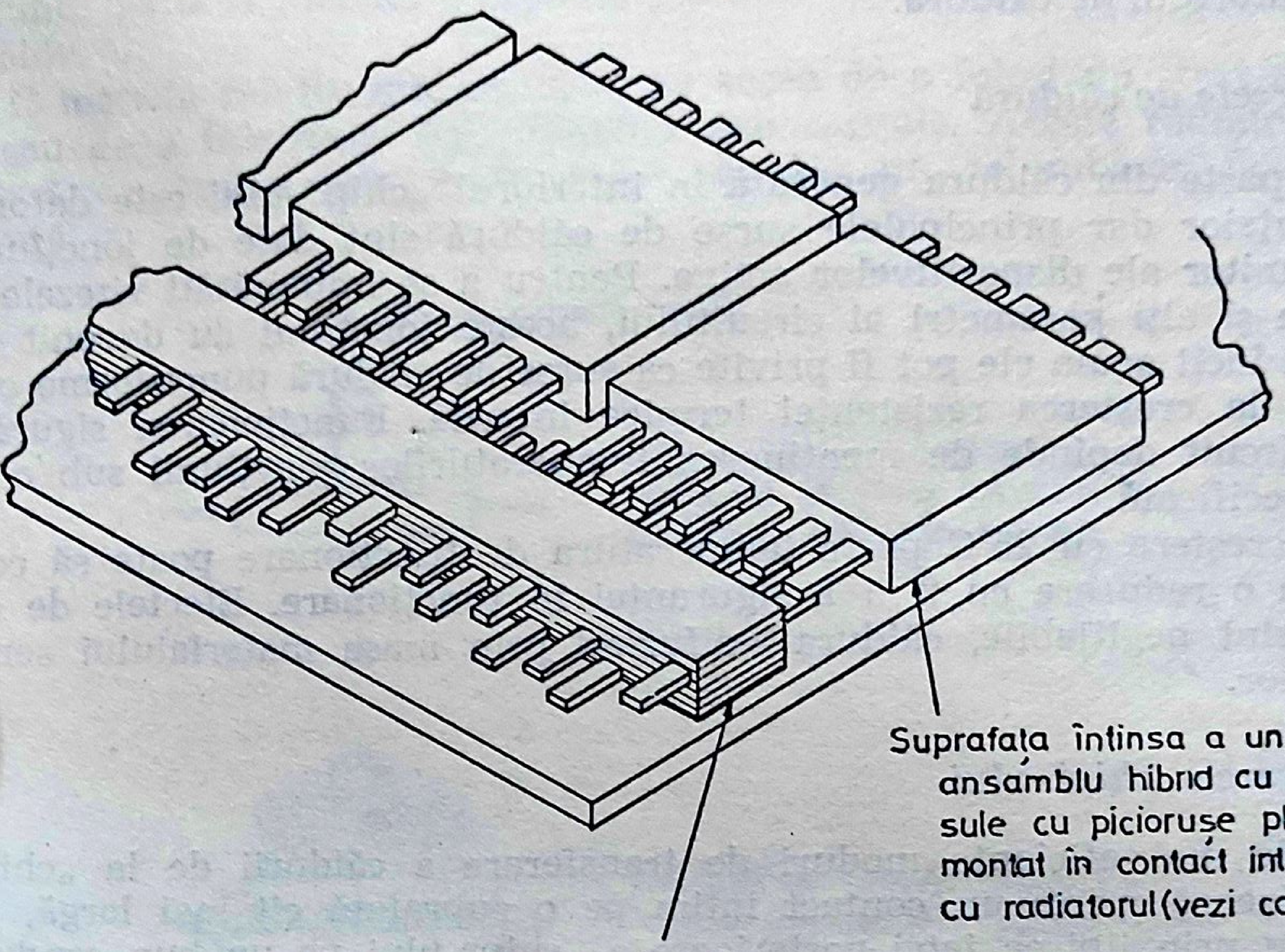
Radiatorul modulului pe această față este în contact intim cu șasiul metalic sau cu schimbătorul de căldură

Ansamble de circuite pe peliculă subțire montate în contact termic pe ambele fețe ale unui radiator în formă de T

Fig. 8.32. Dispunerea modulelor hibride pentru producția termică a căldurii (1).

verticală şi dacă nu existau restricţii de circulaţie a aerului, convecţia naturală de sub capsulă era suficientă.

Trebuie luate măsuri de precauţie dacă este necesară o răcire forţată cu aer cum ar fi în cazul unor limitări ale creşterilor de temperatură şi a unor densităţi ridicate de circuite pe plachete.



Suprafaţa întinsă a unui
ansamblu hibrid cu capsule cu piciorușe plate
montat în contact intim
cu radiatorul (vezi cap.9)

Interconexiunile modulului sînt făcute
prin bare colectoare laminate
sau prin fâşii de cablaj multistrat

Fig. 8.33. Dispunerea modulelor hibride pentru conducţia termică a căldurii (2).

Date fiind cerinţele de compactizare a circuitelor şi deci a creşterii vitezelor de operare a apărut problema unei concentrări mai mari a surselor generatoare de căldură şi de aici necesitatea conducţiei, pentru transferul cantităţilor nedorite de căldură. Disiparea de căldură din partea unui singur „chip“ a crescut de la zeci la sute de mW şi de aceea devine necesar a se lua în considerare scufundarea anumitor module în lichid dielectric. O statistică arată că pentru faţa expusă a unui modul în capsula plată cu terminale plate fluxul de căldură a crescut de la 0,093 W/6 cm^2 la peste 2,8 W/6 cm^2. Gradienţi de temperatură mai mari de 1,86 W/6 cm^2 necesită adoptarea unor metode de răcire care să îmbunătăţească răcirea directă cu aer şi chiar răcirea prin conducţie a plăcilor imprimate.

În acest capitol sînt evidenţiate sursele de căldură din interiorul „chip"-ului, mijloacele de transferare la substrat a acestor călduri şi în fine metodele folosite pentru răcirea acestor module asamblate pe plachete.

S-a considerat că proiectantul nu are nici un control asupra caracteristicilor termice ale „chip"-ului sau asupra proiectării sistemului schimbătorului de căldură.

Sursele de căldură

O parte din căldura generată în interiorul „chip"-ului este datorată rezistenţelor dar principalele surse de căldură sînt date de joncţiunile Baze emitor ale dispozitivelor active. Pentru a se îmbunătăţi vitezele de operare şi alţi parametri ai circuitului, aceste joncţiuni au devenit aşa de mici încît acum ele pot fi privite ca surse de căldură punctiforme care conduc la creşterea rezistenţei termice interne. Funcţionarea sigură a unui circuit depinde de menţinerea temperaturilor joncţiunii sub o limită specificată.

O creştere cu 25°C peste temperatura de funcţionare poate să conducă la o reducere cu 2 : 1 a siguranţei în funcţionare. Efectele de radiaţie sînt neglijabile, căldura difuzînd prin masa materialului semiconductor.

Fixarea „chip"-ului

Cele mai eficiente moduri de transferare a căldurii de la „chip" se realizează printr-un contact intim pe o suprafaţă cît mai largă, de exemplu prin lipirea feţei posterioare a „chip"-ului pe un bun conductor de căldură. (Aceasta este metoda nouă de folosire atunci cînd se fixează pe plachete, „chip"-uri de circuite integrate) cu Si. Răşinile epoxidice cu aditivi ceramici sau metalici au fost şi ele folosite, dar un transfer de căldură mai bun s-a realizat prin sudarea sau prin lipirea la punct eutectic.

În cazul unei îmbinări pe faţa posterioară cea mai mare parte din căldură este transmisă prin suporturi dar o parte este transmisă de pe suprafaţa posterioară a „chip"-ului către aerul înconjurător sau către încapsulant.

Atunci cînd se foloseşte „flip chip"-uri de îmbinare cu o disipaţie termică mare, o atenţie deosebită trebuie acordată alegerii materialului folosit pentru suport, aşa ca suprafeţele de contact să fie cu atît mai mari cu cît se folosesc mai multe suporturi de reazem.

Fixarea capsulelor circuitelor integrate cu Si

Uneori sînt necesare precauţii speciale pentru circuite care disipă mai puţin de 100 mW pe plăci imprimate. Cea mai mare parte din căldură va fi transmisă prin conducție la traseele de Cu, prin intermediul terminalelor capsulei iar restul de căldură va fi eliminată prin convecție. Dacă există o circulație de aer, o capsulă metalică cu o mare suprafață de contact apare ca fiind mai eficace.

Într-o atmosferă rarefiată, sau în cazul folosirii unor circuite cu o putere disipată mare, este necesară evacuarea căldurii prin conducție și atunci poate fi folosită o capsulă plată în contact direct cu un radiator de căldură.

O metodă relativ mai ieftină este aceea de a folosi un strat gros de Cu sau de a introduce fișii metalice sub capsule. Aceste radiatoare de căldură vor trebui prinse de șasiu sau de un schimbător masiv de căldură.

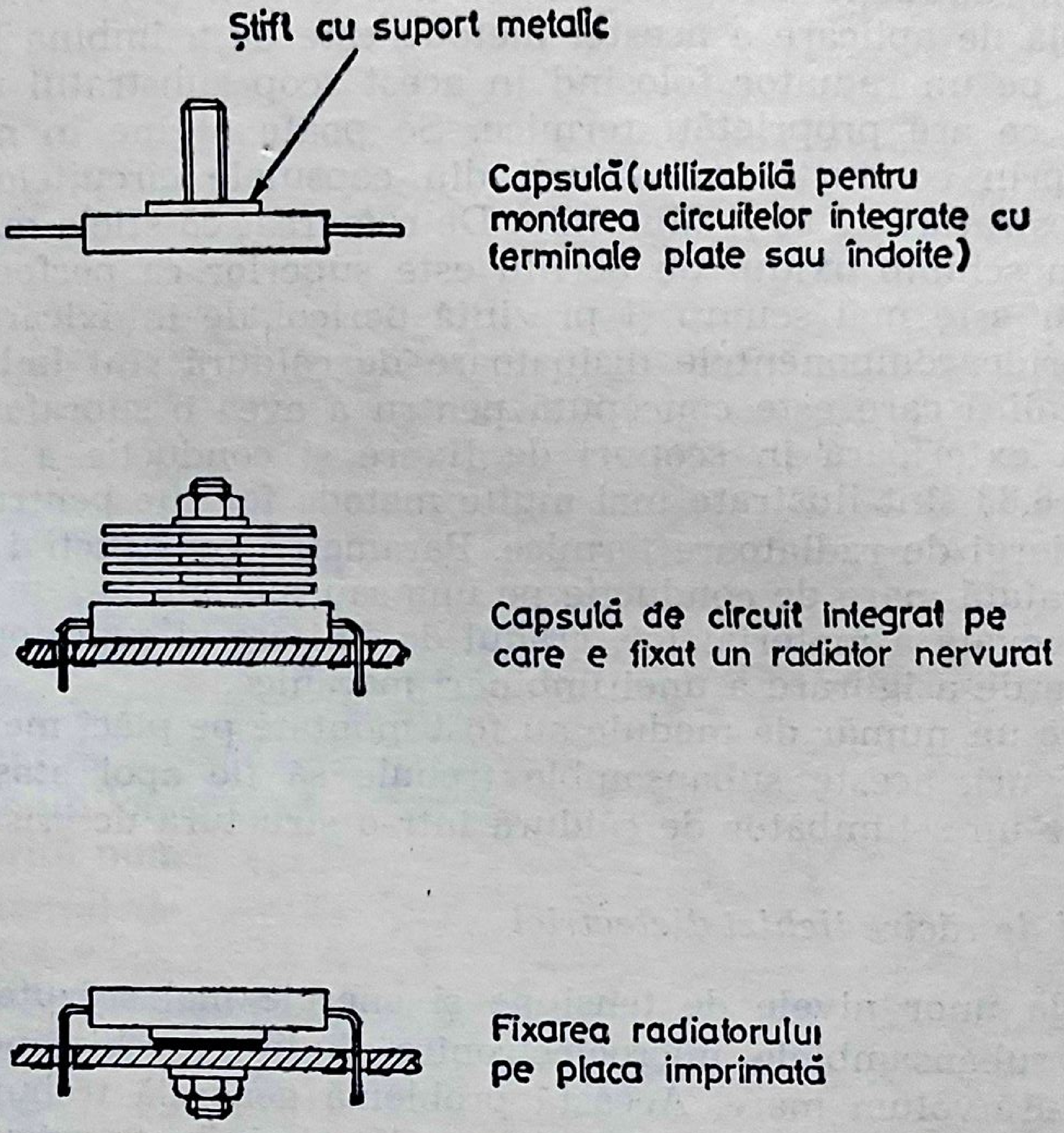

Știft cu suport metalic
Capsulă (utilizabilă pentru montarea circuitelor integrate cu terminale plate sau îndoite)
Capsulă de circuit integrat pe care e fixat un radiator nervurat
Fixarea radiatorului pe placa imprimată

Fig. 8.34. Capsule speciale pentru disipări mari de căldură.

O metodă de prindere cu șuruburi este mult mai eficientă decît cea cu cleme elastice, căci presiunea necesară a fi exercitată pentru a se asigura o condiție termică adecvată va necesita scule speciale de extracție în cazul înlocuirii modulelor. Capsulele vor trebui lipite de radiatoare cu rășini epoxidice sau prin acoperiri cu un strat de ulei siliconic, pentru a se asigura un contact termic maxim.

O metodă posibilă de evacuare a căldurii prin conducţie din capsulele circuitelor integrate este de a le monta pe plăcile imprimate cu substrat metalic descrise de Dinella.

Pentru circuitele de mare viteză şi mare putere au fost concepute plăci speciale cu capsule speciale.

Răcirea modulelor hibride

Modulele hibride disipă cantităţi de căldură de ordinul a mai mulţi W. Dacă nu se iau precauţii speciale de evacuare a acestei călduri, efectul asupra anumitor componente discrete ar putea fi catastrofal şi timpul de viaţă al circuitelor integrate cu Si mult redus. Evacuarea căldurii prin conducţie este metoda cea mai ieftină şi cea mai sigură. O formă simplă de aplicare a acestei metode este de a îmbina baza modulului direct pe un radiator folosind în acest scop substratul unui circuit cu peliculă ce are proprietăţi termice. Se poate obţine în mod normal evacuarea prin conducţie a căldurii din capsulele circuitelor integrate folosind substraturi de 95% aluminiu. De remarcat că sticla nu este adecvată; dar în schimb oxidul de beriliu este superior ca performanţe aluminiului dar este mai scump şi prezintă pericol de intoxicare. În unele module hibride componentele disipatoare de căldură sînt îmbinate pe o creastă metalică care este concepută pentru a avea o suprafaţă mare pe o suprafaţă exterioară în scopuri de fixare şi conducţie a căldurii. În fig. 8.32. şi 8.33 sînt ilustrate mai multe metode folosite pentru montarea unei game largi de radiatoare termice. Parametrii constructivi importanţi sînt: o suprafaţă mare de conducţie pe una sau mai multe feţe exterioare, alegerea adecvată a materialelor, gradul de finisare al suprafeţei acestora şi procedura de asigurare a unei îmbinări mecanice.

După ce un număr de module au fost montate pe plăci metalice plate sau cu nervuri, aceste subansamble trebuie să fie apoi ataşate de un şasiu sau de un schimbător de căldură într-o structură descrisă în cap. 9.

Agenţii de răcire lichizi dielectrici

În ciuda unor nivele de tensiune şi energie mai scăzute, cele mai multe din subansamblele microelectronice dintr-un echipament au un raport căldură/volum mare. Această problemă generală trebuie luată în considerare în proiectarea termică şi uneori trebuie luate măsuri speciale de evacuare a căldurii în exces din anumite puncte locale cu o temperatură ridicată. Scufundarea în lichizi de răcire produce o descreştere însemnată a surselor de temperatură ridicată în comparaţie cu răcirea cu aer sau cu lichide, cum de exemplu ani întregi a fost folosit uleiul de transformator. În prezent au fost descoperite materiale mai noi, cu proprietăţi îmbunătăţite şi astfel actualmente, se poate dispune de o gamă largă de lichide fluorocarbonice inerte în care pot fi scufundate dispozitivele electrice. Fluorocarbonurile purificate au o excelentă stabilitate termică, sînt necorozive şi au un efect scăzut asupra mai multor materiale metalice şi plastice.

Ele aduc o îmbunătăţire faţă de ceilalţi agenţi de răcire lichizi convenţionali, dar avantaje reale sînt obţinute atunci cînd sînt folosite tehnici de fierbere a nucleaţilor. Coeficientul de îmbunătăţire a coeficientului de transfer a căldurii este de aprox. 10 : 1 atunci cînd fluorocarbonul lichid este vaporizat, caz care se impune ca fiind necesar atunci cînd fluxurile de căldură depăşesc 9,3 W/6 cm^2. Fluorocarbonii sînt scumpi iar fierberea nucleaţilor necesită echipament special şi spaţii suplimentare. Cu toate acestea ele nu rezolvă toate problemele termice. Alte detalii pot fi găsite în cap. 9.

Avantaje şi tendinţe de viitor

Avantaje

Tehnologia microelectronică a fost adoptată de industria aerospaţială date fiind economiile de greutate şi spaţiu realizate şi în proporţie mai mică datorită consumurilor reduse de putere. Acestea, împreună cu siguranţa în funcţionare şi cu un cost mai redus, potenţial vorbind, constituie parametrii cei mai importanţi din întreaga industrie electronică. De îndată ce au început să fie produse circuite integrate cu Si în mari cantităţi viitorul acestora a fost asigurat. Cea mai bună cale de a avea asigurată o siguranţă în funcţionare şi cel mai mic preţ de cost este aceea de a specifica şi folosi circuite standardizate.

Orice tip de circuit integrat este în mod inerent sigur în funcţionare datorită condiţiilor controlate în care au fost făcute toate interconexiunile şi datorită numărului cu mult mai mic de interfeţe metalice diferite.

Proiectantul de circuite integrate ţine seama de interacţiunile chimice şi fizice avînd în vedere că materialele componentelor discrete sînt alese de diferiţi utilizatori pentru diverse probleme. O examinare a oricărui ansamblu cu componente discrete va ilustra aceste probleme. Circuitele integrate pe peliculă joacă şi ele un rol în proiectarea sistemelor de vizualizare. Costurile de proiectare şi costul maşinilor unelte sînt modeste, ceea ce le face uzuale pentru diferite circuite în special în cazul aplicaţiilor nenumerice. Circuitele pe film par să fie cu mult mai sigure în funcţionare şi devin mai ieftine decît ansamblurile de componente discrete.

Îmbunătăţirea performanţelor circuitului nu poate fi posibilă fără microelectronică, numai cu ajutorul ei obţinîndu-se viteze de transfer foarte mari.

În ceea ce priveşte proiectarea mecanică, ansamblurile sînt realizate în prezent în forme mult mai compacte, ceea ce simplifică variantele de montare şi reduce sensibilitatea montajelor în condiţiile de tensionare mecanică.

Integrarea pe scară largă

Integrarea pe scară largă are diferite semnificaţii. Astfel, integrarea pe scară largă este definită ca o metalizare multistrat prin care se conectează un număr de circuite integrate pe o felie de Siliciu folosind în acest scop pasivizarea cu sticlă peste intraconexiunile de circuit, metode de gravare foto şi cu mască pentru a expune porţiunile ce devin conexiuni terminale şi care apoi sînt conectate în o configuraţie de intercircuite din aluminiu.

Conexiunile de trecere pot fi făcute printr-o nouă pasivizare, gravare şi evaporare a aluminiului.

Termenul de integrare pe scară largă şi integrare hibridă pe scară largă au fost folosite pentru a descrie unele ansamble de „chip“-uri separate de pe un substrat.

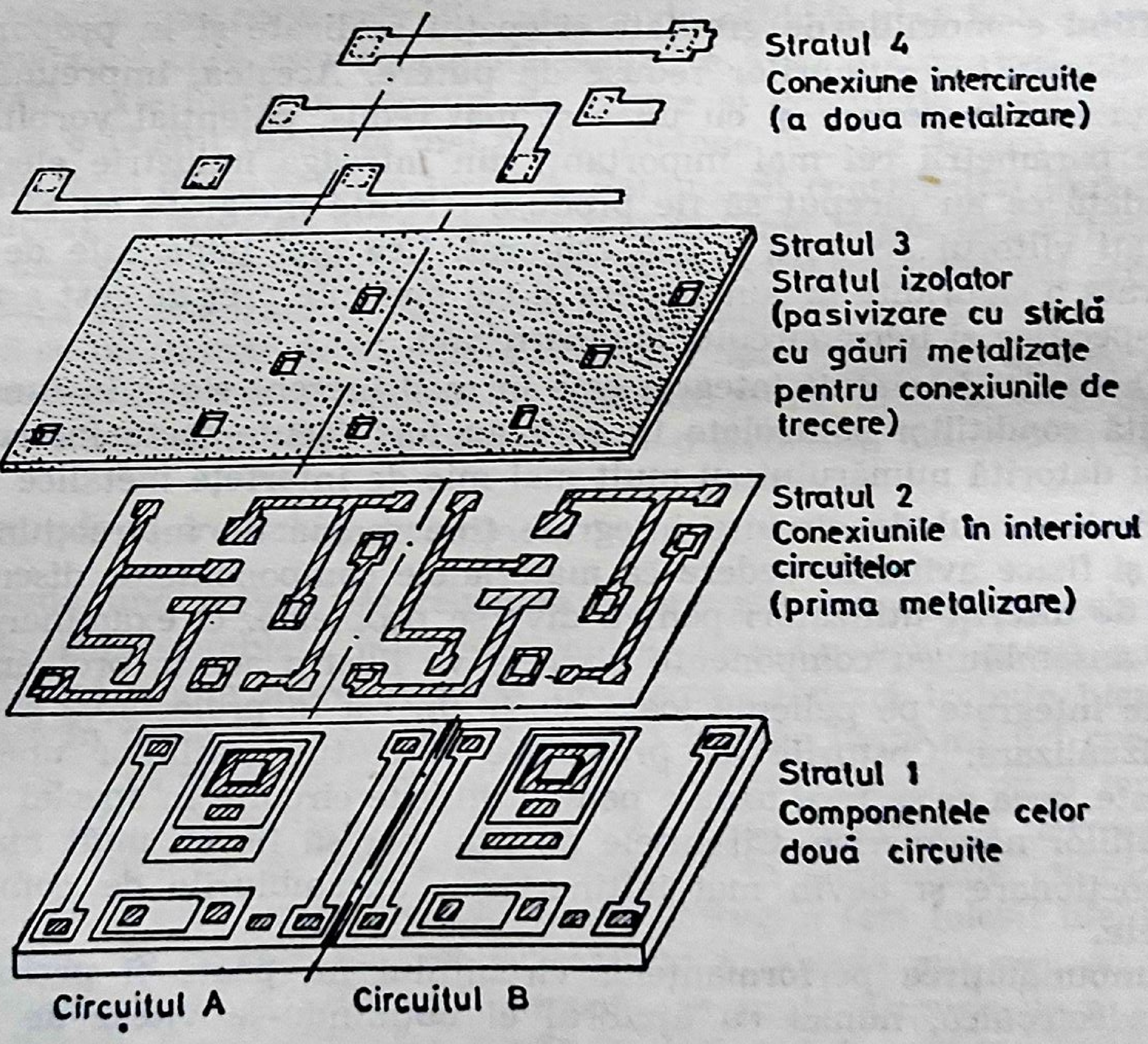

Stratul 4
Conexiune intercircuite
(a doua metalizare)
Stratul 3
Stratul izolator
(pasivizare cu sticlă
cu găuri metalizate
pentru conexiunile de
trecere)
Stratul 2
Conexiunile în interiorul
circuitelor
(prima metalizare)
Stratul 1
Componentele celor
două circuite
Circuitul A
Circuitul B

Fig. 8.35. Ilustrarea simplificată a metalizării plăcilor multistrat.

Pentru evitarea producerii unui circuit imperfect care ar rebuta o întreagă felie de substrat, sînt folosite mai multe metode de integrare pe scară largă. În metoda cablării discrete fiecare circuit de pe felie e testat şi rezultatele memorate într-un calculator. Ecuaţiile logice cerute sînt apoi rezolvate de calculator care pregăteşte traseul de interconectare. Numai circuitele „bune“ sînt admise ca date furnizate de calculator maşinilor producătoare a măştilor cu ajutorul căruia se realizează traseul pe felia substratului. Un procedeu de integrare pe scară largă este folosirea unor „galerii“ fixe de conexiuni sau a unor reţele fixe le celule de circuit.

Cîteva aglomerate ce conţin o varietate de circuite sînt puse pe o felie de substrat. După o depunere normală a interconexiunilor circuitului se evaporă un alt strat metalizat în scopul realizării interconexiunilor logice. Se pot obţine funcţii diferite prin modificarea acestui ultim strat sau a stratului iniţial care asigură numărul şi tipurile de celule selectate iniţial. Aceste aglomerate sînt testate funcţional şi acelea care au trecut testele în mod satisfăcător sînt încapsulate.

O celulă iterativă de bază încorporează un număr de celule standard ce pot fi interconectate în mod identic sau într-o varietate de moduri. Deci, fişiile neprelucrate sînt păstrate în stocuri, iar datele ce definesc celulele de circuit din stoc sînt păstrate într-un calculator. Proiectantul de sistem programează calculatorul care interpretează datele într-un set de măşti ce urmează a fi folosite pentru interconectarea celulelor de circuit prin a 2-a metalizare.

Această metodă combină producţia de serie a feliilor standard de siliciu cu interconexiuni special cerute de un utilizator.

În Anglia nu există cereri mari pentru integrarea pe scară largă. Se vor folosi mai multe „chip“-uri cu funcţiuni complexe ce conţin una sau două mii de componente pe suprafaţa chip-ului de 6 mm×6 mm.

Metalizarea multistrat nu e totdeauna necesară dar numărul de conexiuni externe necesită o încapsulare nestandardizată. O proiectare optimă poate fi foarte scumpă, dar costurile de proiectare pot fi reduse prin adoptarea unei configuraţii de celule standard.

Noi descoperiri în domeniul încapsulării

Cercetările din Anglia au fost îndreptate către adoptarea unor încapsulări hibride cu aplicaţii multiple şi de tehnici care să fie aplicate pentru producţii de serie mare.

Principalele cerinţe sînt costurile reduse pentru maşini unelte şi pentru subansamble dar acestea nu elimină scopul realizării unei proiectări funcţionale a unor „multichip“-uri sigure în funcţionare încapsulate în ceramică, metal şi răşini.

O tehnică de laborator care conduce la producţia de mici cantităţi este aceea de a îngloba „chip“-uri cu faţa în sus într-un amestec şi de a le interconecta prin depunerea unui traseu conductor pe suprafaţa superioară.

Pentru a se rezolva o serie de probleme tehnice ca dilatarea diferenţială, această metodă a devenit foarte folosită. În această situaţie poate

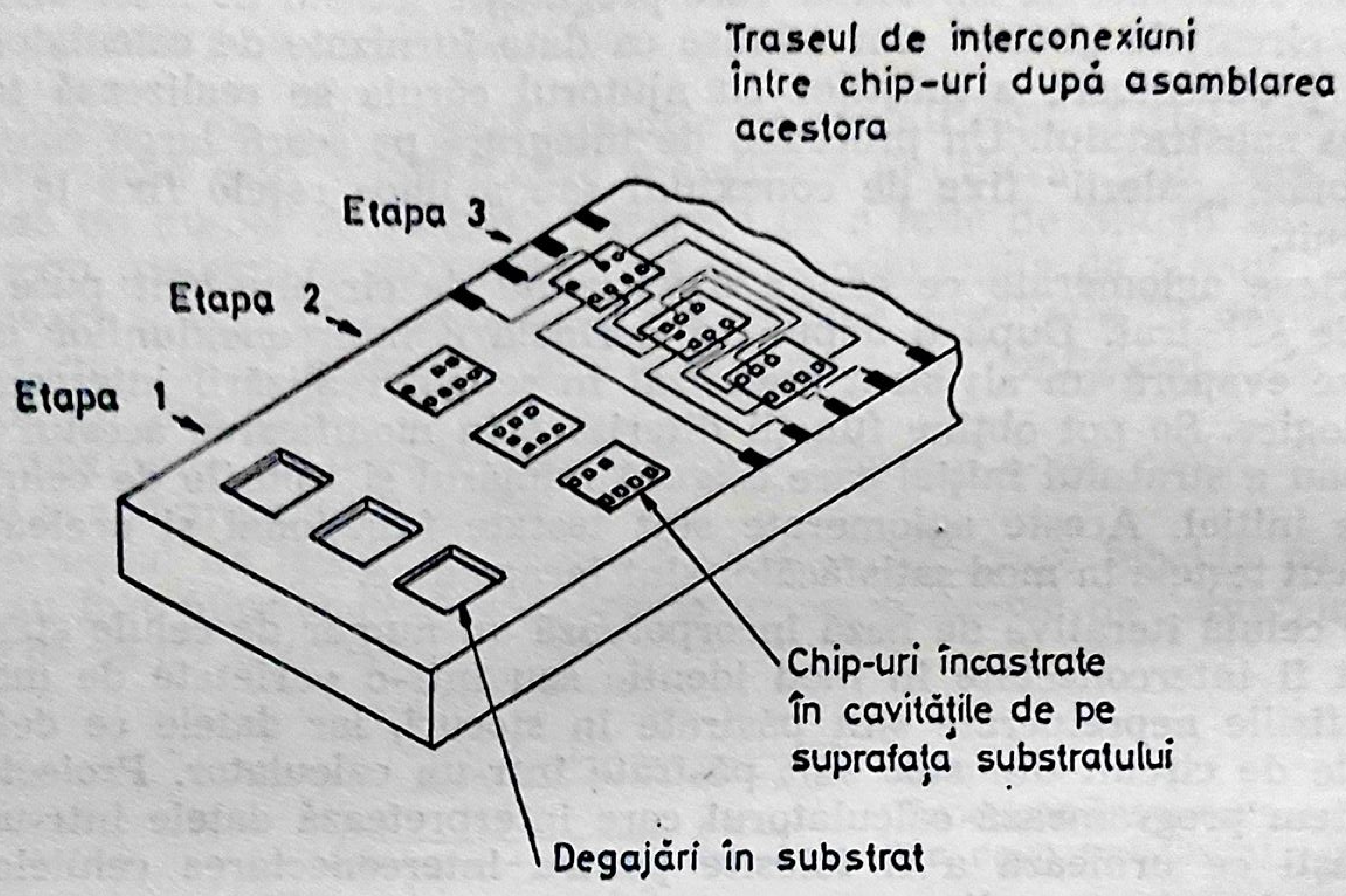


Fig. 8.36. Cablaj depus peste capsule îngropate.

fi folosit orice tip de „chip“ iar proiectarea şi metoda de depanare a configuraţiei de conexiuni ar putea fi lăsată la latitudinea producătorilor, fabricanţilor de echipamente.

Alte cercetări actuale prevăd depunere de Si pe safir pentru cazul unor densităţi foarte mari de împachetare şi folosirea fişiilor de Si ca substrat pentru ansamblurile de „flip-chip“ pentru a se evita problemele de dilatare diferenţială.

Actualmente sînt disponibile casule cu mai mult de 14 picioruşe. Întrucît au fost proiectate un număr din ce în ce mai mare de circuite tot mai complexe, vor fi cerute capsule plate cu 24, 32 şi mai multe terminale plate sau îndoite, la un preţ de cost care va deveni acceptabil şi pentru echipamente cu aplicaţii în domeniul civil. Plachetele imprimate nu se vor modifica într-o proporţie prea mare. Vor deveni disponibile la preţ scăzut materiale îmbunătăţite, cu proprietăţi mecanice bune şi cu factori de putere reduşi. Folosirea tehnicilor de trasare automată va face posibilă ca traseele cu cupru pe circuitele imprimate să capete şi aspecte unghiulare.

Alte modificări notabile vor fi asociate cu cablajele imprimate în locul foilor metalice imprimate. Plăcile dublu faţă cu găuri metalizate vor constitui metode predominante de montare a capsulelor microelectronice. De ce să se folosească o operaţie suplimentară de acoperire cu Cu a găurilor şi apoi de înlăturare a 90% din foaia laminată de Cu? Reduceri de preţ de cost apar deja evidente în folosirea cablajului imprimat.

În fiecare an apar noi descoperiri în microelectronică şi inginerii trebuie să fie în pas cu aceste noutăţi. Acest capitol reprezintă o prezentare a modalităţilor de încapsulare şi are ca scop să-i ajute pe ingineri să interpreteze şi să înţeleagă aceste tehnologii ce se schimbă aşa de rapid.

Bibliografie

1. E. Keonjian (1963). *Microelectronics.* McGraw-Hill, New York.
2. H. R. Camenzind (1968). *Circuit design for integrated electronics.* Addison Wesley, London.
3. D. K. Lynn, C. S. Meyer, and D. J. Hamilton (1967). *Analysis and design of integrated circuits.* McGraw-Hill, New York.
4. P. J. Forrest (1970). I.C. customer-design. *Microelectronics,* 3, Nos. 1—5.
5. T. D. Schlaback and D. K. Rider (1963). *Printed and integrated circuitry.* McGraw-Hill, New York.
6. D.A. McLean, N. Schwartz, and E. D. Tidd (1964). Tantalum film technology. *Proc. IEEE,* 52, No. 12.
7. *First Unofficial Thick Film Symposium* (1968). Microelectronics and reliability. Pergamon Press, Oxford.
8. R. K. Moore (1969). Planning printed circuit board designs for maximum benefit from automation. *Proc. of Inter-Nepcon.* Brighton.
9. E. J. Wilkinson (1969). Reflow soldering to thick and thin films. *Microelectronics,* Sept.
10. J. H. Forster and J. B. Singleton (1966). Beam lead sealed junction integrated circuits. *Bell Laboratories Record.* Oct./Nov.
11. J. E. Curran and G. Graves (1969). A flip chip interconnection and packaging system. *Proc. of Inter-Nepcon.* Brighton.
12. W. J. Schuelke (1968). Mechanical joining of semiconductor chips to a ceramic substrate. *IBM Publ. MP 220149.*
13. L. F. Miller (1969). Controlled collapse reflow chip joining. *IBM Jnl. Res. Dev.* May.
14. R. G. Loasby (1969). The technology of multilayered thick film circuit arrays. *Microelectronics,* April.
15. P. A. Totta and R. P. Sopher (1969). SLT device metallurgy and its monolithic extension. *IBM Jnl. Res. Dev.,* May.
16. W. M. Ross and E. A. R. Lee (1968). The embrittlement problem of gold in soldered joints. *Proc. of Inter-Nepcon.* Brighton.
17. D. Dinella (1965). An insulated metal printed wire board. *The Western Electric Engineer,* July.
18. G. W. A. Dummer (1965). Connections in electronics—a survey of current methods. *Electrical Components,* July.
19. W. H. McAdams (1954). *Heat transmission.* McGraw-Hill, New York. M. Jakob (1949). *Heat transfer.* John Wiley, New York.
20. R. Naylor (1969). Study of flip chip and beam lead microcircuit assemblies. *Proc. IEE,* 116, Oct.
21. G. G. Bloodworth şi M. J. Cook (1965). Liquid cooling of microcircuits including the use of nucleate boiling. *Proc. Appl. Microelectronics,* Southampton University.

9

CONSIDERAŢII DE PROIECTARE ALE DULAPULUI ŞI CONSOLEI

W. J. Dimond

În prima parte a acestui capitol se face o scurtă trecere în revistă a condiţiilor de mediu înconjurător în care se pot afla diferitele instalaţii. Sînt examinate consideraţiile de proiectare necesare satisfacerii acestor condiţii şi sînt trecute în revistă sisteme uzuale de dulapuri şi console. În cea de a 2-a parte a capitolului sînt tratate probleme de funcţionare în regim termic.

Satisfacerea condiţiilor de mediu

Echipamentele electronice pot fi solicitate să lucreze într-un mediu exterior sau în clădiri climatizate, în corturi, în camioane, pe bordul navelor sau al avioanelor. Înaintea proiectării echipamentelor, trebuie stabilite precis condiţiile de mediu, în care scop trebuie pregătită o normă de cerinţe de funcţionare în regim de temperatură, umiditate, şocuri şi vibraţii în care să fie precizate parametrii de funcţionare specifici tipului de aplicaţii. Filosofia de întreţinere şi depanare ce urmează a fi respectată, pentru a se realiza o modularitate a dispozitivelor, trebuie să ţină cont de următoarele consideraţii:

a) defectarea unui subansamblu;
b) facilităţile de depanare care sînt disponibile utilizatorului;
c) strategia de depanare, de exemplu: „depanare prin înlocuire";
d) costul pieselor şi subansamblelor de schimb.

În plus, amplasarea echipamentului pe o anumită suprafaţă trebuie astfel concepută încît să excludă orice posibilitate de limitare a accesului la echipament. Cerinţele de instalare au din acest punct de vedere o importanţă deosebită întrucît ele vor determina concepţia de proiectare atît a dulapurilor cît şi a dispozitivelor ce vor fi instalate în dulapuri.

Poziţia dulapurilor unuia faţă de altul, precum şi faţă de pereţii încăperilor va limita accesul la echipament în scopuri de întreţinere. Este dificil de realizat accesul la dulap din toate poziţiile întrucît aceasta ar însemna o folosire neeconomică a spaţiului. Pentru sistemele stabile, este necesar acces din faţă şi din spate în timp ce pentru sistemele mobile, date fiind limitările de spaţiu, este necesar să se asigure numai accesul frontal. Pentru instalaţiile montate pe vase e necesar să se asigure accesul frontal şi din spate pentru instalaţiile montate pe vase mari şi acces frontal numai pentru instalaţiile montate pe nave mici şi submarine.

În tabela 9.1. sînt prezentate o serie de aplicaţii operaţionale tipice şi limitările dimensiunilor fizice ale dulapurilor şi compartimentelor în care aceste dulapuri sînt fixate.

Specificaţiile mediului ambiant pentru echipamentul destinat armatei sînt bazate pe interpretarea unor standarde militare ca de exemplu DEF 133 sau USA Mil Spaces. O serie de aspecte legate de proiectarea acestor echipamente vor fi prezentate în cele ce urmează.

Consideraţii privind temperatura şi umiditatea

Proiectantul trebuie să determine gama de temperaturi în care să lucreze echipamentul proiectat. Fig. 9.1 prezintă domeniile de temperatură în care va trebui să lucreze echipamentul proiectat. Pentru a se realiza un echipament electronic sigur în funcţionare este necesar ca toate componentele respectivului echipament să lucreze bine în domeniile de temperatură specificate de fabricanţii de componente. Pentru disipări mici de căldură ale echipamentelor electronice se pot folosi metode de răcire, prin filtrarea aerului în interiorul unor încăperi cu aer condiţionat sau în interiorul unor camioane cu aer condiţionat.

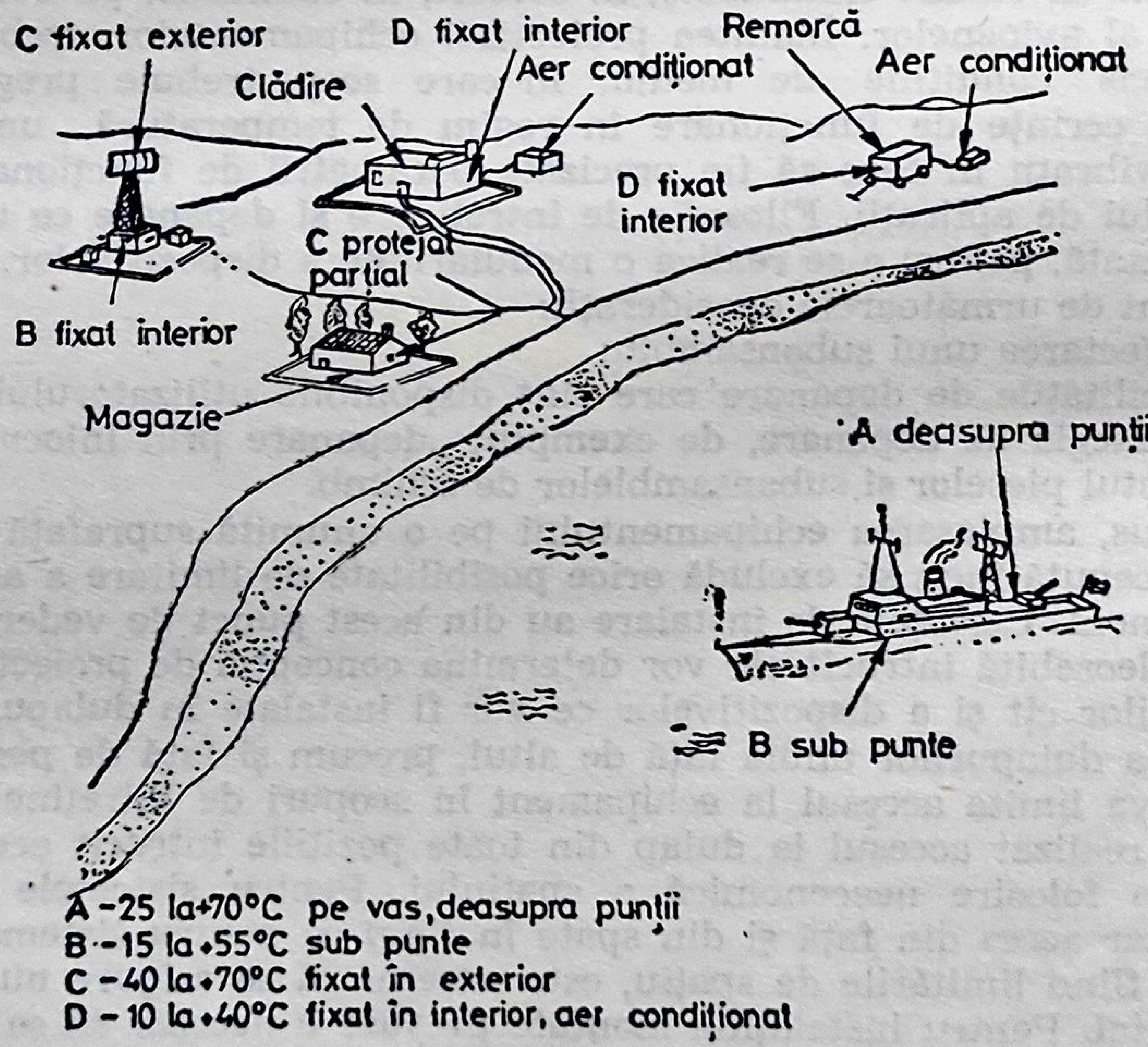

C fixat exterior
D fixat interior
Aer condiţionat
Remorcă
Aer condiţionat
Clădire
D fixat interior
C protejat parţial
B fixat interior
Magazie
A deasupra punţii
B sub punte
A −25 la +70°C pe vas, deasupra punţii
B −15 la +55°C sub punte
C −40 la +70°C fixat în exterior
D −10 la +40°C fixat în interior, aer condiţionat

Fig. 9.1. Domeniile de temperatură pentru utilizările în scopuri militare.

Oricum este important să alegem echipamente pentru aer condiţionat capabile să satisfacă condiţii maxime ale mediului înconjurător. Cînd nu e posibilă realizarea de aer condiţionat, este necesar un sistem de răcire interioară, cu eliminarea căldurii. Specificaţiile de mediu pot să se refere şi la „umiditatea relativă" care este definită ca raportul greutăţii apei pe unitatea de volum de aer şi greutatea apei necesară saturării aceluiaşi volum la o aceeaşi temperatură. Deci aerul saturat în întregime are o umiditate relativă de 100%. Corodarea echipamentelor apare la echipamentele montate la exterior şi care funcţionează în zonele de coastă unde umidităţile relative mari şi variaţiile de temperatură sînt zilnice. Vitezele de corodare a diferitelor materiale poate să depindă de un număr de factori ca de exemplu prezenţa bioxidului de sulf în mediile industriale. Cînd două metale diferite şi acoperiri metalice sînt în contact sau umezite de apă conţinînd impurităţi, între acele materiale aflate în contact apare o diferenţă de potenţial, care provoacă corodarea materialului şi depunerea produselor coroziunii pe materialul cu potenţial mai scăzut.

Diferenţa de potenţial dintre cele 2 metale este măsurată în apă de mare la 25°C. Materialele vor fi selectate pentru a limita diferenţa de potenţial la 0,25°C pentru echipamentele montate în exterior şi la 0,50°C pentru echipamentele instalate în clădiri. Dacă echipamentul urmează a fi instalat într-o clădire sau într-o cabină mobilă fără aer condiţţonat, sau dacă aerul condiţionat se întrerupe în timpul nopţii, este necesar ca lîngă baza dulapului să se instaleze echipamente de încălzire care să împiedice fenomenul de condensare prin menţinerea temperaturii aerului la cîteva grade peste cea normală, în perioada cît echipamentul este închis.

În regiunile de deşert deşi temperatura zilnică e de ordinul a 40°C coroziunea este rareori posibilă întrucît umiditatea relativă este de ordinul 5—10%. În regiunile tropicale deşi temperatura zilnică nu va depăşi 20°C, multe metale se vor coroda rapid (în special în medii saline) datorită umidităţii relative ridicate, care de multe ori poate să ajungă la 100% în unele regiuni.

Condiţionarea aerului are ca scop menţinerea umidităţii relative sub 60% şi a temperaturii în interior controlabilă în domeniu de ±3%, într-un domeniu de temperaturi de la 20°C la 30°C, atunci cînd în exterior avem variaţii de temperatură de la —15°C la +55°C.

Şocuri şi vibraţii

Condiţiile de şocuri şi vibraţii la care pot fi supuse echipamentele, vor fi precizate în specificaţiile de mediu înconjurător. Testele de vibraţii sînt împărţite în 3 categorii:

a) *Determinarea vibraţiilor rezonante* (echipamentul nu se află în stare de funcţionare). Scopul acestui test este de a detecta orice condiţii de rezonanţă care pot să apară la anumite frecvenţe şi cu anumite amplitudini, aşa încît ca prin reproiectarea unor părţi mecanice sau prin anumite ranforsări să se elimine aceste vibraţii.

b) *Determinarea vibraţiilor rezonante* (echipamentul se află în stare de funcţionare). Testul se execută pentru a ne asigura că echipamentul va funcţiona în mod satisfăcător într-o anumită gamă de vibraţii. Se aplică în general la acele echipamente care funcţionează în timpul transportului, exemplu în aplicaţii navale.

c) *Testul de anduranţă la vibraţii.* Acest test se efectuează pe o durată mai mare în vederea verificării că orice condiţii de rezonanţă la nivele mai mari decît cele verificate de testele a) şi b) nu vor provoca defectarea echipamentelor.

Celelalte teste care se mai efectuează sînt:

d) Testul comportării echipamentului atunci cînd acesta este supus şocurilor din timpul transportului sau al funcţionării.

e) Testul comportării echipamentului atunci cînd acesta este manipulat. Acest test comportă 3 aruncări ale echipamentului de la o înălţime de 25,4 mm în timp ce testul precedent prevede 10 000 şocuri după cele 3 axe de coordonate.

Criteriul de acceptare în toate cazurile prevede ca echipamentul să funcţioneze în mod satisfăcător atît în timpul cît şi după efectuarea testelor şi să nu fie supus unor deformări fizice care să aibă implicaţii asupra performanţelor sale.

Condiţiile de mediu în aplicaţiile navale

Datorită condiţiilor naturale mult mai severe pe care le implică mediul marin precum şi datorită necesităţii ca echipamentul naval să funcţioneze în continuu chiar şi în aceste condiţii, cînd în plus nava poate să fie şi avariată de către inamic, proiectarea echipamentului naval trebuie făcută cu foarte multă grijă.

Un vas va fi expus unei atmosfere cu multe săruri, cu variaţii rapide de temperatură şi umiditate, şocuri, vibraţii, acceleraţii. În condiţii de ruliu şi tangaj s-au înregistrat amplitudinile ± 20 şi $\pm 10°$ precum şi deplasări verticale de 6 m. Deşi echipamentul electronic va fi montat în încăperi cu aer condiţionat, vor fi necesare teste funcţionale pentru a ne convinge că respectivul echipament va continua să funcţioneze în mod satisfăcător la o temperatură de 55°C ce ar putea să apară ca urmare a defectării sistemului de condiţionare a aerului.

Toate componentele utilizate într-un ansamblu electronic trebuie să aibă caracteristicile conforme specificaţiilor standardelor militare sau trebuie să fie supuse unui program de încercări ce utilizează metodele definite în standardul britanic DEF 5011.

Conform acestui program de încercări, echipamentul va trebui să fie supus unor şocuri verticale de 30 g şi unor şocuri orizontale de 12 g. Pentru echipamente care cîntăresc sub 272,15 kg încercările nu trebuie să prevadă şocuri mai mari ca cele ce pot să apară la instalarea echipamentului respectiv.

Echipamentul care cîntăreşte mai mult de 272,15 kg va trebui să fie supus la şocuri înaintea instalării.

Echipament transportabil

Echipamentul transportabil este acel echipament care este în mod periodic montat în diferite centre operative.

Echipamentul transportabil poate fi instalat în un camion sau poate fi demontat în pachete care să poată fi apoi transportat pe tren, şosea, avion, helicopter. Diferenţa între cele două tipuri de echipamente transportabile constă în aceea că primul este protejat faţă de condiţiile de mediu, în timp ce celălalt tip poate folosi mijloace de transport containerizat care protejează echipamentul de ploaie, praf, nisip.

a) **Echipament montat pe camion** (vezi cap. 10).

Cabinele montate pe camion sînt supuse unor şocuri de 2 g, amplitudinile maxime ce pot fi atinse putînd ajunge la 6 g. Pentru a suporta asemenea şocuri, echipamentul trebuie montat la bază pe amortizoare de şocuri. De asemenea sînt necesare şi amortizoare de şocuri suplimentare ce se montează pe capacele de deasupra echipamentului (în cazul echipamentelor ce depăşesc 1200 mm în înălţime). Trebuie avut grijă că există o diferenţă între frecvenţa de rezonanţă a arcurilor camionului, cea a axelor roţilor camionului datorită neregularităţii suprafeţei şoselelor şi frecvenţa de vibraţie a echipamentului montat pe amortizoare.

Frecvenţa de rezonanţă a camionului este aproximativ de 4 Hz, cea a axelor roţilor de aproximativ 12 Hz. Rezultă deci că frecvenţa acceptabilă pe care o poate suporta un echipament să fie de aproximativ 20 Hz (vezi cap. 10).

b) **Echipament transportabil în containere**

Un asemenea echipament poate să suporte şocuri de pînă la 5 g, dar adesea pot să apară şi şocuri mai mari de 10 g. În toate aceste situaţii, domeniul frecvenţelor de rezonanţe variază între 1 şi 150 Hz.

Pentru a proteja containerele de mediul înconjurător sînt necesare în prealabil o serie de încercări de comportament cu împroşcare de apă, conform standardului DEF 1234.

Faţă de normele standardului DEF 1234, mai sînt necesare o serie de încercări cum ar fi modul de comportare ale echipamentului containerizat la jeturi de apă de la o înălţime de 304,8 mm precum şi la jeturi de apă ce cad pe panoul frontal al containerului aflat în o poziţie de echilibru pe marginea sa frontală inferioară.

În timpul acestor încercări va trebui utilizat un osciloscop cu ajutorul căruia să se măsoare amplitudinea impactului, precum și un accelerometru cu care să se măsoare „g". Echipamentul va trebui să fie inspectat după fiecare etapă de încercări pentru a verifica deteriorările ce au putut apare.

Echipamentul transportabil în containere mai este supus și altor încercări ca de exemplu:

a) funcționare la presiuni atmosferice de 0,0345 MN/m^2;

b) funcționare în condiții de căldură umedă și căldură uscată (DEF 1234).

c) încercări de corodare în mediu salin (DEF 133).

Detalii de aplicare a standardelor menționate pot fi găsite în materialele menționate la sfîrșitul capitolului.

Instalarea statică a echipamentului

Echipamentul de prelucrare a datelor este instalat în poziții fixe în interiorul unei clădiri cu aer condiționat. Echipamentul poate fi răcit de către sistemul de aer condiționat cu care este prevăzută încăperea sau poate dispune de o conductă separată de răcire. Echipamentul de răcire (ventilatoarele) pot fi instalate alături de dulapurile echipamentului. În condiții de funcționare nu pot apare șocuri și vibrații. Echipamentul montat în exterior va fi supus atît unor temperaturi înalte datorate radiațiilor solare precum și unor rafale de vînt de viteză mare.

În cazul echipamentului ce se montează în poziție statică, trebuie să ne asigurăm că ambalarea și împachetarea echipamentului este astfel realizată încît echipamentul va ajunge intact la locul de destinație.

Șocurile ce pot apare în timpul manevrării și transportului pot fi mari, iar vibrațiile ce pot apare în cazul transportului pe vas pot să producă slăbiri ale șuruburilor și deformări prin îndoire ale suprafețelor metalice neasigurate.

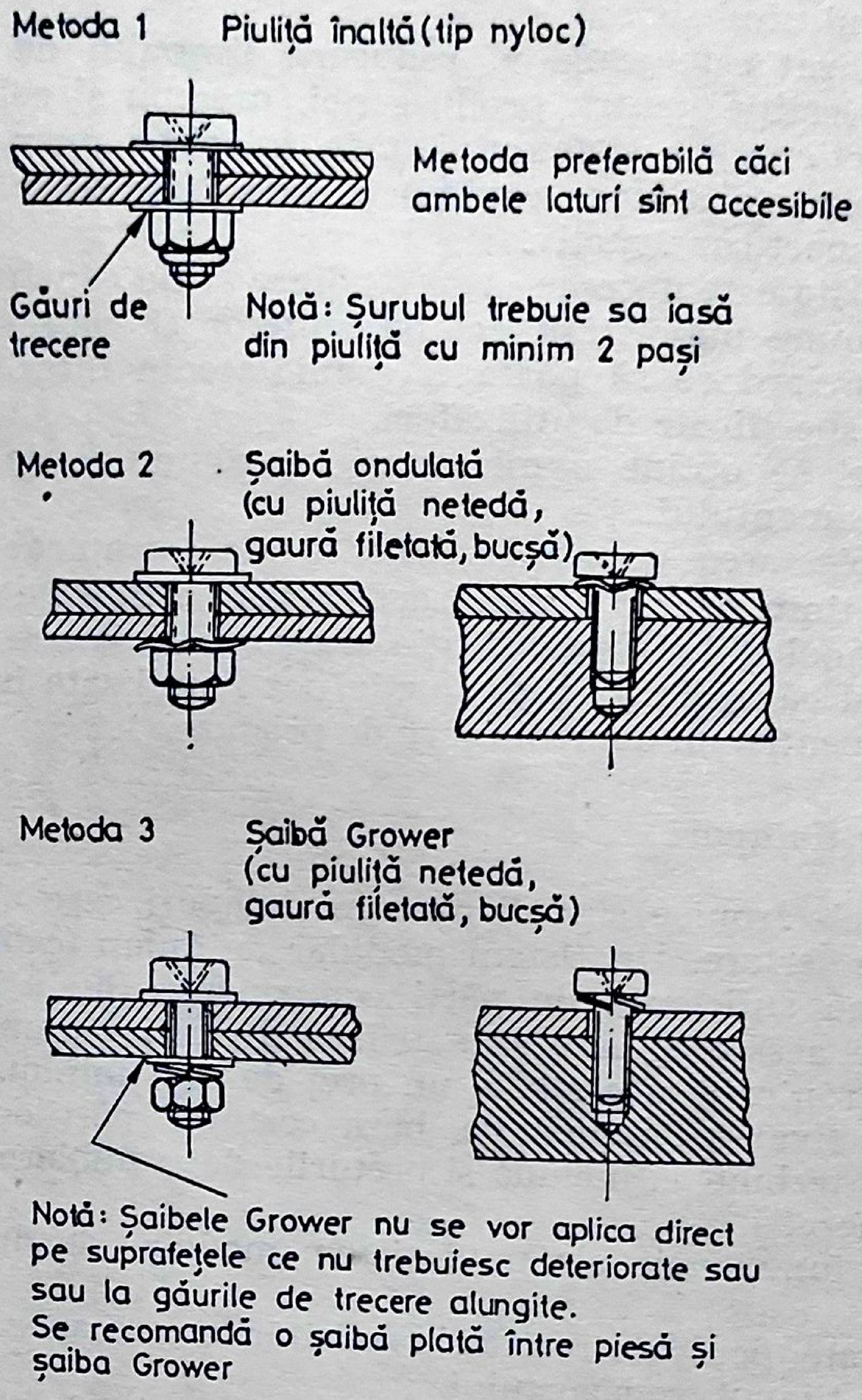
Din acest motiv proiectantul echipamentului va trebui să ia în considerație toate aspectele legate de transportul echipamentului, în special în regiuni unde nu pot fi asigurate condiții propice de transport.

Orice echipament electronic profesional atît pentru uz comercial cît și pentru uz militar, ar trebui să fie protejat la vibrațiile ce pot apare în timpul transportului, folosind șuruburi de blocare, piulițe grover, nituri de blocare, oricare din aceste metode fiind prezentate în fig. 9.2.

Țelurile propuse în proiectarea echipamentului

O problemă majoră după economie, care apare în proiectarea și producerea echipamentului electronic de prelucrare a datelor rezidă în varietatea produselor ce pot fi cuplate în sisteme individuale precum și în seriile de producție relativ scăzute.

De asemenea în acelaşi context este necesar să se micşoreze timpul afectat cercetării precum şi costul de fabricaţie, ceea ce ar face posibile modificările tehnologice apărute.


Metoda 1
Piuliţă înaltă (tip nyloc)
Metoda preferabilă căci ambele laturi sînt accesibile
Găuri de trecere
Metoda 2
Şaibă ondulată (cu piuliţă netedă, gaură filetată, bucşă)
Metoda 3
Şaibă Grower (cu piuliţă netedă, gaură filetată, bucşă)

Notă: Şurubul trebuie sa iasă din piuliţă cu minim 2 paşi

Notă: Şaibele Grower nu se vor aplica direct pe suprafeţele ce nu trebuiesc deteriorate sau sau la găurile de trecere alungite.
Se recomandă o şaibă plată între piesă şi şaiba Grower

Fig. 9.2. Metode de fixare cu şurub.

Pentru acesta există soluţia proiectării unor module standard cu ajutorul cărora să se realizeze produse variate şi cu aplicaţii multiple.

Proiectarea modulară

Proiectarea modulară a echipamentului electronic poate fi definită ca o metodă de proiectare menită să uşureze şi să reglementeze selectarea părţilor componente ale unui dispozitiv, echipament sau sistem electronic.

Scopul este de a se putea asambla dispozitive, echipamente cu ajutorul unor părţi şi subansamble standard care prin interconectări mecanice şi electrice în diferite moduri să poată realiza anumite funcţiuni specifice în cadrul unui sistem.

Efectul realizat este acela al reducerii timpului de cercetare şi al costurilor de investiţie pentru produse noi, precum şi cel al creşterii siguranţei în funcţionare a sistemului, prin folosirea unor componente cu calităţi deja probate şi a unor construcţii prin care să se îmbunătăţească standardul de aspect constructiv.

Pentru aceasta este necesar să se studieze acele construcţii (ansamble) care să fie comune majorităţii echipamentelor şi care să asigure părţi componente standard ce să poată fi asamblate în diferite moduri conform cerinţelor specificate de utilizatori.

În acest fel se obţine o micşorare a volumului de muncă pentru realizarea echipamentului.

Pentru proiectarea unor echipamente mai complexe, va fi necesar un consum de timp pentru o analiză detaliată a diferitelor subansamble precum şi a tehnologiilor de fabricaţie şi asamblare a acestora. În schimb există avantajul că în linia de producţie pot fi utilizate un acelaşi set de unelte şi scule pentru un domeniu larg de produse.

Modele de dulapuri

Blocurile electronice sînt dispuse în dulapuri care conţin un sertar sau mai multe sertare. Un sistem modular de dulap (cabinet) trebuie să asigure o gamă suficientă de părţi componente (inclusiv variaţiile de dimensiuni ale acestora) care să satisfacă diverşii parametrii ai echipamentelor electronice şi aceasta la un preţ de cost minim. Preţul de cost trebuie să fie fixat nu numai pe baza costului părţilor mecanice ale dulapului, dar trebuie să includă şi preţurile de asamblare, cablare, instalare şi întreţinere.

Cerinţele funcţionale ale unui sistem modular de dulap sînt următoarele:

a) Soliditate, pentru a rezista la solicitările care apar în timpul funcţionării sau în timpul transportului.

b) Trebuie realizat un compromis între cerinţele de standardizare şi posibilitatea efectivă de a satisface cerinţe particulare diferitelor sisteme.

Sistemul modular de dulapuri trebuie să fie constituit dintr-un şir de structuri capabile a conţine diferite blocuri cu diferite mărimi.

c) Blocurile dintr-un dulap trebuie să fie introduse şi scoase din dulap foarte uşor.

d) Construcţia dulapului trebuie astfel concepută încît să permită un acces uşor la părţile şi subansamblele defecte sau la cablaje, însă trebuie să satisfacă şi limitările asupra accesului datorită modului în care sînt instalate dulapurile (tabela 9.1).

Tabela 9.1

Domeniul de aplicație	Parametrii de instalare			Dimensiunile dulapului			Modalități de acces
	Înălțime tavan	Ventilație	Lățime	Înălțime	Lățime	Adîncime	
Clădire	2 743 mm	615÷ 915 mm	—	1829÷ 2 134 mm	610 mm	610 mm	Frontal și din spate cablurile pătrund în dulap dinspre vîrf și de la bază
Dulap transportabil pe calea aerului							
— MIC	1 778 mm	178 mm	1 829 mm	1 600 mm	610 mm	610 mm	Acces frontal. Cablurile pătrund în spate pe la vîrf și de la bază
— MARE	2 286 mm	457 mm	2 438 mm	1 829 mm	610 mm	610 mm	
Conteinere transportabile pe calea aerului							
Poz. verticală	1 778 mm	—	—	1 524 mm	610 mm	610 mm	Acces frontal și de la spate. Cabluri în spate
Poz. orizontală	1 778 mm	—	—	1 829 mm	610 mm	610 mm	
Mediul naval pe fregate	203 mm	—	—	1 626 mm	610 mm	686 mm	Acces frontal și din spate. Cabluri pe lateral
pe vase mici sau submarine	variabil			1 626 mm	610 mm	457 mm	Acces frontal. Cabluri pe lateral

e) Dulapul trebuie să aibă spațiul necesar cablurilor de interconexiune de diferite tipuri și cu diferite poziții de intrare în dulap.

f) Trebuie luate măsuri pentru răcirea incintei dulapului, fie prin convenția naturală a aerului, fie prin răcire forțată cu aer de la o sursă locală de răcire, fie prin circulația unui lichid de răcire.

g) Trebuie luate în considerare și condițiile de mediu înconjurător, șocuri, vibrații, temperatura și umiditatea, atît în condiții de exploatare cît și de transport.

Dulapul pentru folosirea în marină

În cele ce urmează este descris un dulap conceput pentru condiții speciale de funcționare și anume pentru aplicațiile din marină. Detaliile

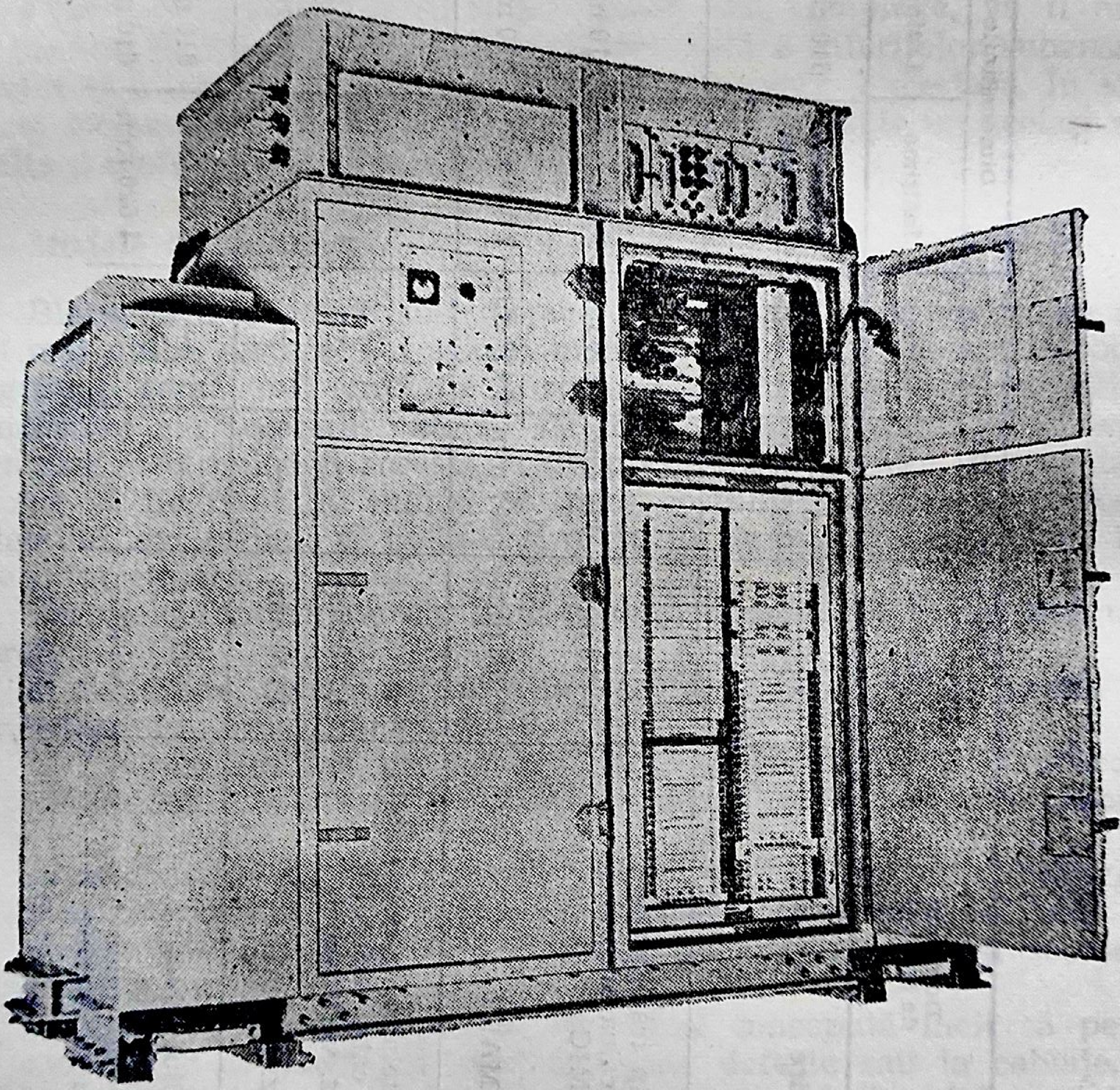


Fig. 9.3. Dulap cu rezistență la șocuri și vibrații, folosit în marină.

de concepţie ce sînt prezentate mai jos constituie un exemplu al gradului complex al concepţiei pentru acest gen de dulapuri.

Cerinţa de bază este aceea de a asigura un acces permanent la un mare număr de plachete cu circuite imprimate şi de a se supune cerinţelor de funcţionare în mediul normal.

Aşa cum se vede din fig. 9.3. dulapul are o construcţie extrem de neregulată. Ceea ce nu poate fi aparentă este însă modularitatea construcţiei ansamblului. Modulele dulapului sînt: structura metalică a dulapului fig. 9.4,, sertarul fig. 9.5., blocul terminal, soclul şi sistemul de răcire ce conţine sistemul de ventilare fig. 9.6., şi ansamblul schimbătorului de căldură fig. 9.7.

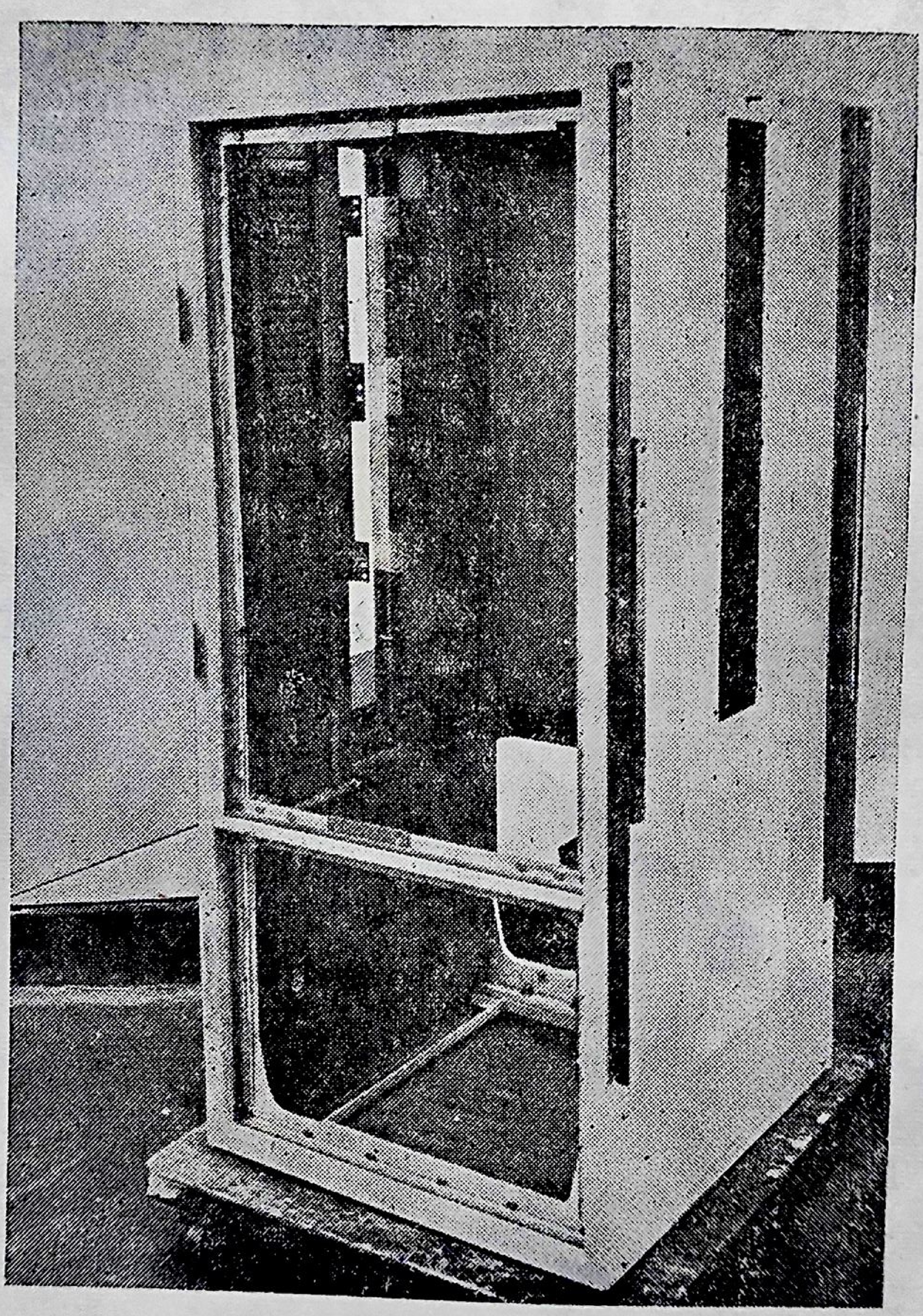


Fig. 9.4. Structura unui dulap.

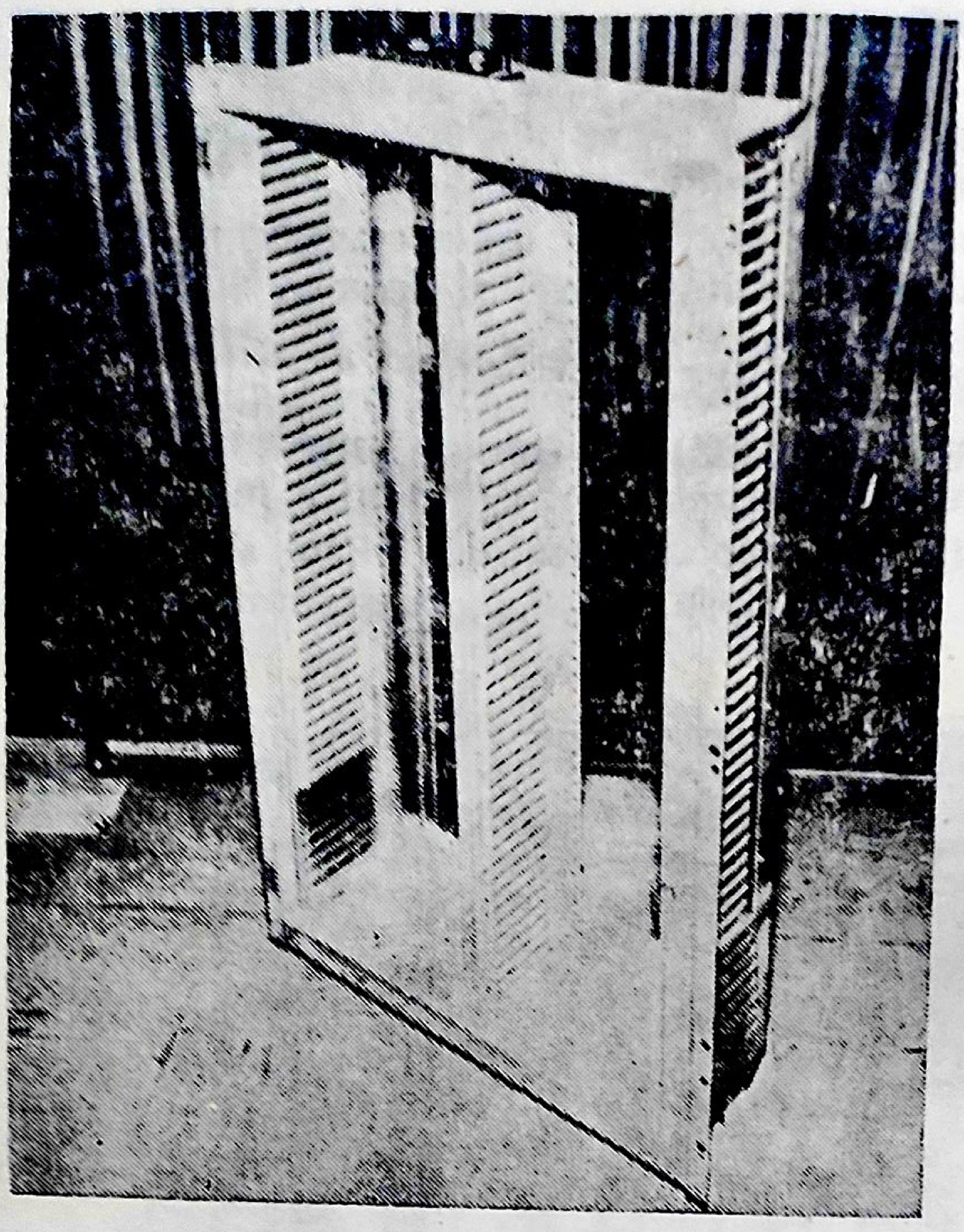


Fig. 9.5. Sertar.

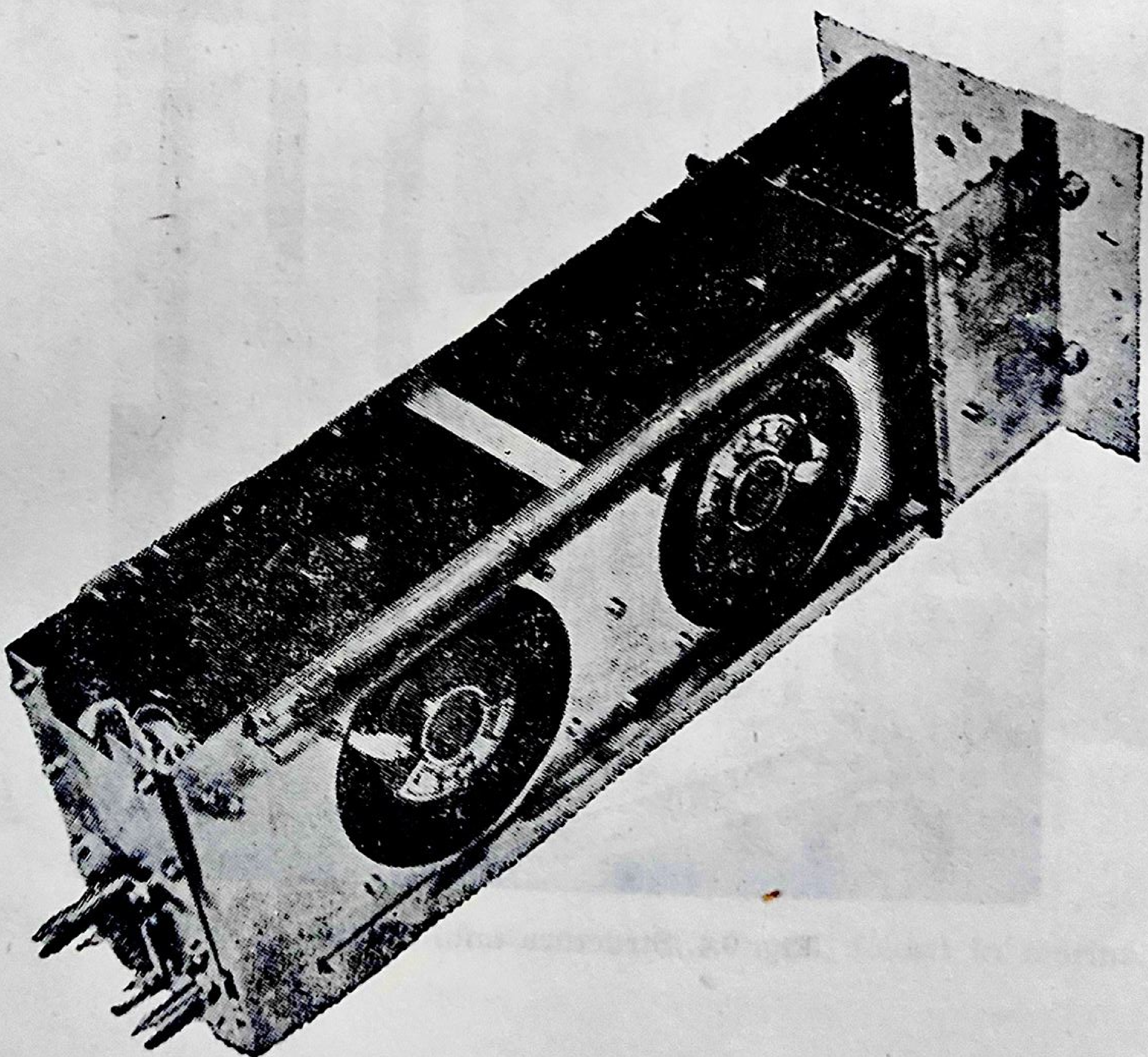


Fig. 9.6. Ansamblu de ventilare.

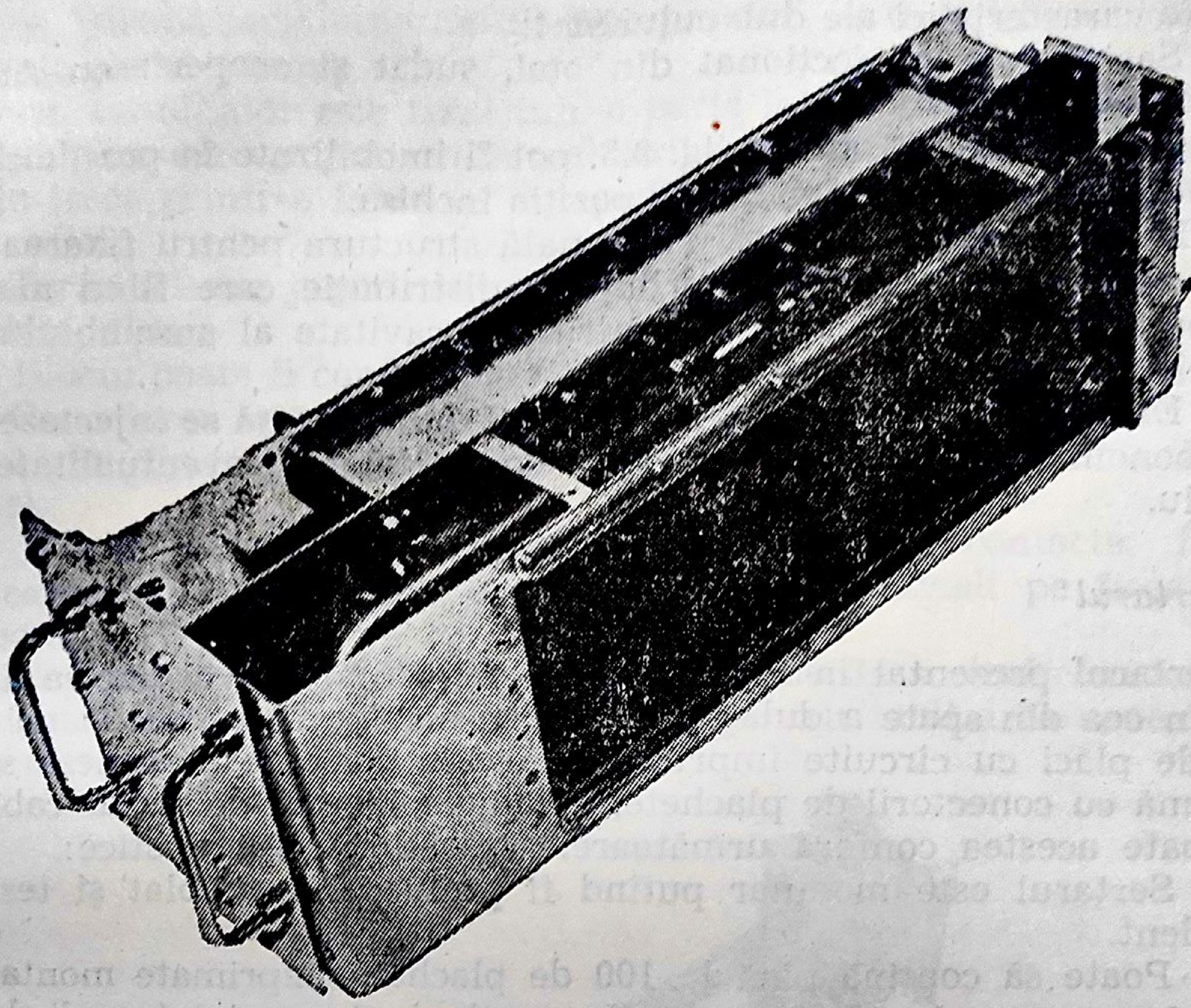


Fig. 9.7. Ansamblu radiatoare.

Structura metalică a dulapului

Structura metalică a dulapului prezentată în fig. 9.4. este concepută pentru a asigura un domeniu larg de aplicații, prin încorporarea următoarelor trăsături:

a) Posibilitatea de a accepta orice sertar de 19 in (433 mm);

b) Cum dulapul este simetric față de axele laterale, unitățile (blocurile) pot fi montate în față sau în spate, realizîndu-se o bună utilizare a spațiului.

c) Accesul e realizat fie din față, fie din spate, fie din ambele părți.

d) Datorită sistemului de răcire orizontală cu aer (fantele canalelor de aer pot fi văzute pe partea stîngă din interiorul dulapului) unitățile, blocurile individuale care ar bloca fluxul vertical de aer pot fi montate în orice poziție fără a afecta în mod semnificativ sistemul de distribuire al aerului.

e) Dulapul va accepta unitatea electromecanică (dispozitivul), blocurile de alimentare în comutație, etc. cu dimensiunile compatibile.

f) Este important de notat că prin eliminarea din dulap a sistemelor de răcire și a blocurilor terminatoare de cabluri, dulapul poate fi folosit în multe alte aplicații.

Alte caracteristici ale dulapului sînt:

g) Şasiul este confecţionat din oţel, sudat şi acoperit cu Aluminiu înainte de a fi vopsit.

h) Uşile duble arătate în fig. 9.3. pot fi imobilizate în poziţia deschise sau au cîrlige ce le vor menţine în poziţia închisă.

j) La baza dulapului este poziţionată structura pentru fixarea blocului de alimentare şi ale panourilor de distribuţie care fiind mai grele contribuie şi la realizarea unui centru de gravitate al ansamblului dulapului cît mai coborît.

k) Există posibilitatea ca pe exteriorul dulapului să se injecteze bioxid de carbon în porţiunea de presiune a conductelor în eventualitatea unui incendiu.

Sertarul

Sertarul prezentat în fig. 9.5. poate fi montat atît în partea din faţă cît şi în cea din spate a dulapului, pentru a asigura accesul la un număr mare de plăci cu circuite imprimate. Aceste plachete alcătuiesc sertarul împreună cu conectorii de plachete, ghidajele, fundul de sertar cablat etc.

Toate acestea conferă următoarele trăsături caracteristice:

a) Sertarul este modular putînd fi prelucrat, asamblat şi testat independent.

b) Poate să conţină pînă la 100 de plachete imprimate montate orizontal la un pas de 15,875 mm. Un spaţiu mai mare între plachete se poate obţine prin adoptarea unor multipli ai pasului respectiv.

c) Sertarul este fixat în balamale pe partea stîngă a dulapului.

d) Cînd dulapul este închis, sertarul e fixat.

e) Rotirea cu 90° a sertarului asigură accesul la fundul de sertar, la barele de alimentare, la conectorii de plachete şi de cablu.

f) Sertarul poate fi ridicat din balamale şi scos pentru a fi depanat.

g) Panouri de control şi comandă pot fi introduse în sertar în locul plachetelor.

h) Sertarul este conectat la blocul terminal prin conectoare de cablu cu 50 poziţii.

i) Fundul de sertar are pe o parte anterioară planul de masă iar pe partea din spate circuitul imprimat al legăturilor dintre plachete.

j) Cablurile flexibile de la sursa de alimentare se fixează pe o bară solidă a sistemului de bus (de cabluri) la spatele unităţii.

Blocul terminal

Este prezentat în partea dreaptă a dulapului din figura 9.3.

Separarea acestui bloc de dulapul însuşi are avantajul că diferitele cerinţe de instalare cu diferite cabluri şi diferite blocuri pot fi realizate prin mici modificări aduse blocului terminal. În plus, diferite blocuri terminatoare permit instalarea de diferite panouri în dulap fără a fi nevoie de modificarea acestuia.

Blocul terminator este fixat într-o parte laterală a dulapului, iar ghidajul cablelor care suportă atît cablurile interne cît și terminatoarele de cablu trece printr-o fantă în dulap. Blocul terminator are următoarele caracteristici:

a) Terminatoare pentru instalarea cablurilor și a blocurilor din interiorul dulapului.

b) Blocul poate fi confecționat și testat independent.

c) Conectarea se poate face cu socluri și conectoare coaxiale (exemplu: cel din fig. 9.8. cu ajutorul cărora se înlătură problema interferențelor).

d) Blocul poate să conțină 25 conectori cu 50 contacte, folosindu-se cabluri dublu ecranate sau 300 conectori coaxiali pe fiecare față exterioară.

e) Capacitatea ghidajului de cabluri este de 34 socluri/conectoare de 50 contacte pe fiecare parte a ghidajului, pentru realizarea conexiunilor interne către sertar.

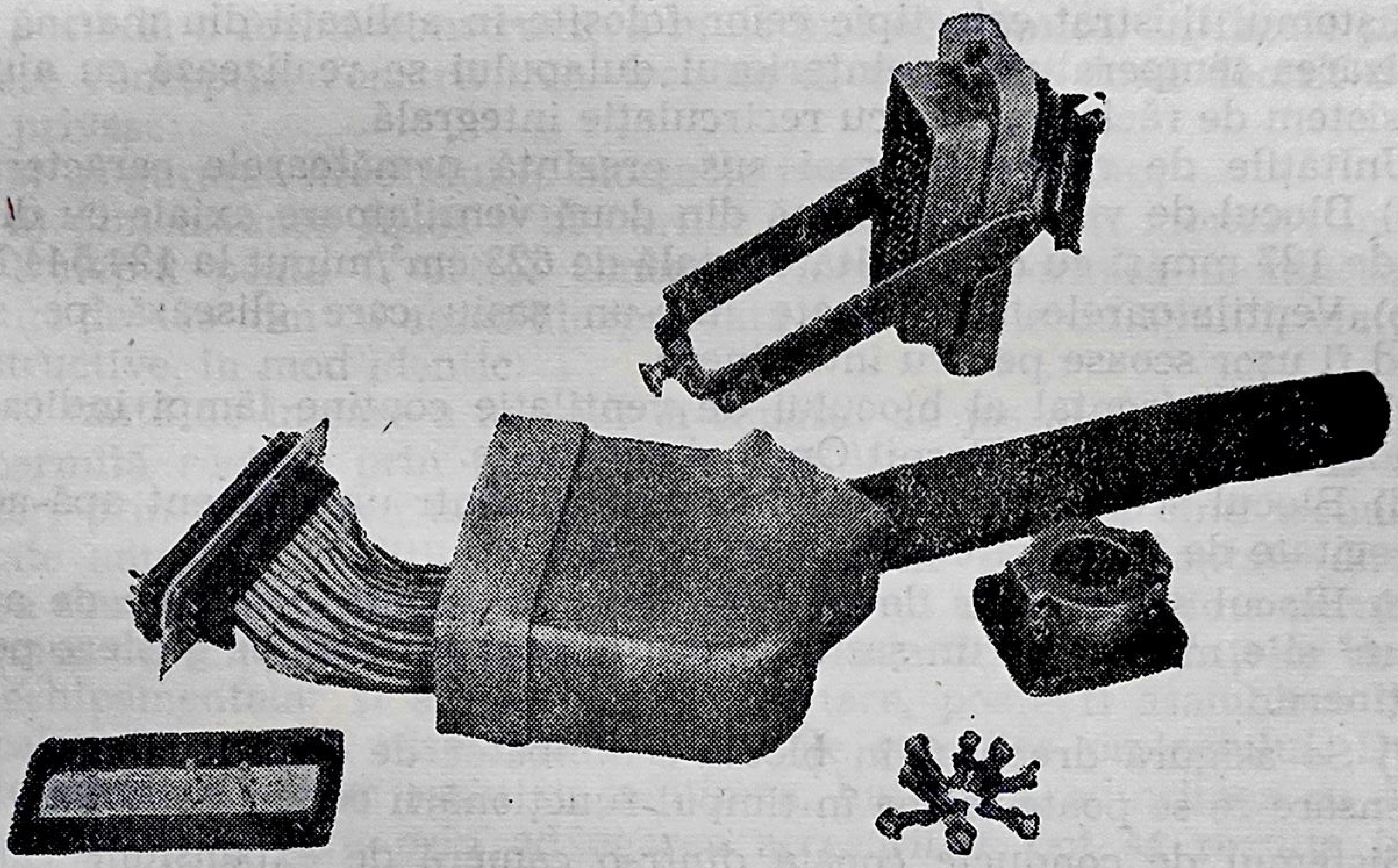


Fig. 9.8. Conector pentru aplicații în marină.

f) Intrarea cablurilor se face de deasupra blocului, deși poate să se adapteze concepția constructivă și pentru a accepta cabluri ce vin de la podea.

Soclul

Soclul pe care sînt montate două dulapuri, este prezentat în figura 9.3. Avantajul folosirii unui soclu separat este că în el poate fi montat un alt sistem de răcire care să asigure o răcire forţată cu aer de la o sursă locală de aer răcit, sau o răcire prin convecţie, cu aer procurat de la o sursă cu lichid de răcire.

Toate aceste alternative pot fi adoptate fără a afecta structura dulapului însuşi.

Soclul mai are următoarele proprietăţi:

a) Asigură suportul pentru baza dulapului;

b) Susţine două dulapuri fixate unul de celălalt;

c) Poate să accepte două sisteme de răcire cîte unul pentru fiecare dulap.

d) Asigură un mijloc de a ataşa montaje rezistente la şocuri pe suprafaţa de jos a dulapului.

Sistemul de răcire

Sistemul de răcire poate folosi o unitate independentă, anume un sistem de ventilaţie (fig. 9.6) şi un ansamblu schimbător de căldură (fig. 9.7).

Sistemul ilustrat este tipic celor folosite în aplicaţii din marină unde stabilizarea temperaturii în interiorul dulapului se realizează cu ajutorul unui sistem de răcire cu aer cu recirculaţie integrală.

Unităţile de răcire de mai sus prezintă următoarele caracteristici:

a) Blocul de ventilaţie constă din două ventilatoare axiale cu dimensiuni de 127 mm şi cu o capacitate totală de 623 cm^3/minut la 124,544 N/m^2.

b) Ventilatoarele sînt fixate într-un şasiu care glisează pe soclu, putînd fi uşor scoase pentru întreţinere.

c) Panoul frontal al blocului de ventilaţie conţine lămpi indicatoare cu neon, un comutator Pornit/Oprit şi siguranţe.

d) Blocul schimbător de căldură constă dintr-un element apă-aer cu o capacitate de înlăturare a căldurii de 1,2 KW.

e) Blocul schimbător de căldură are o suprafaţă de răcire de aprox. 180 cm^2 şi e montat pe un şasiu care şi el poate fi scos pe glisiere pentru întreţinere.

f) Se asigură drenajul în blocul schimbător de căldură pentru orice condensare ce se poate forma în timpul funcţionării echipamentului.

Sistemul de conducte constă dintr-o cameră de expansiune care se divide în două conducte cîte una pentru fiecare sertar.

Fiecare conductă are crestături orizontale care coincid cu locaşurile plachetelor cu circuite imprimate.

La capătul opus al dulapului se găseşte poziţionat un sistem similar de conducte care asigură calea de întoarcere la blocul de ventilare. Fluxul de aer generat de ventilatoarele axiale trece prin crăpăturile orizontale din faţa conductelor şi trece pe deasupra blocurilor de alimentare, pe podeaua dulapului şi printre circuitele imprimate.

Fluxul de aer este apoi recondus către ventilatoare, răcit şi recirculat.

Avantajele unui sistem de răcire ce foloseşte flux de aer orizontal sînt:

a) Nu există nici o întrerupere a fluxului de aer datorită echipamentului montat în dulap dedesubtul blocului de circuite imprimate.

b) Nu există nici un gradient de temperatură pe verticală de la podea către partea superioară a dulapului, întrucît circulaţia orizontală asigură viteze constante de circulaţie a aerului precum şi temperatură constantă în fiecare poziţie a plachetelor.

c) Întrucît curentul de aer prin dulap este o parte dintr-un sistem în buclă închisă care include ventilatorul şi schimbătorul de căldură, sistemul de răcire nu e afectat de temperatură sau umiditatea din încăpere.

Dulapul cu aplicaţii generale

Un asemenea dulap trebuie să fie astfel conceput încît să răspundă la cerinţele funcţionale descrise mai înainte. În acelaşi timp nu e obligatoriu să prezinte caracteristici speciale necesare aplicaţiilor navale, fiind deci posibilă o formă constructivă mult mai economică. În fazele premergătoare concepţiei constructive, trebuie să fie luate două decizii de bază care privesc:

a) asigurarea accesului la blocurile montate în dulap;
b) dimensiunea fizică a blocurilor ce urmează a fi montate în dulap.

Dulapul poate fi astfel conceput încît să permită montarea unor blocuri de 483 mm cu acces dinspre faţa sau spatele dulapului, via porţile constructive, în mod identic.

O fantă de intrare a aerului la capătul de jos al fiecărei porţi poate să permită răcirea prin convecţie a echipamentului sau răcirea forţată cu aer, prin instalarea unei unităţi de ventilare, atunci cînd trebuie respectate anumite condiţii de mediu. Dulapurile pot fi montate direct pe podea sau pe un soclu care să conţină sistemul de conducţie a aerului sau sistemul de schimbare al căldurii. Prin standardizarea cerinţelor de acces ale echipamentelor şi a fantelor de montare, poate fi asamblate o serie de cabinete care să răspundă la cerinţele specifice proiectului. Dulapul poate consta dintr-un şasiu cu înălţimea, lungimea, adîncimea cu dimensiuni variabile, care prin adăugarea accesoriilor pot să rezulte într-un dulap complet. Documentaţia poate fi minimizată prin realizarea unor desene inteligibile pentru acele părţi similare dar cu lungimi diferite.

Accesoriile dulapului pot fi selectate din lista de mai jos:

a) porţi (din faţă, din spate)
b) porţi scurte
c) panou lateral
d) capace de deasupra şi dedesubt
e) benzi de montare a sertarului
f) căi de glisare
g) suporturi de glisare

h) suport unghiular pentru căile de ghidare a cablurilor
i) căi de ghidare cabluri
j) panglică verticală în formă de „U"
k) întrerupător pentru uşă
m) blocuri de răcire
n) instalaţie anticondensare

Deci, dulapul poate fi construit dintr-un kit de părţi (accesorii), fiecare selectate în funcţie de diferite variante de aranjare. Dulapul ar trebui să fie capabil să conţină un sertar modular de plachete, conceput pentru a permite efectuarea instalării cablajului numai dinspre partea din faţă a dulapului, dacă e necesar.

Concepţia accesului frontal are multe avantaje, în particular pentru instalarea în cabine mobile unde accesul dinspre spate e dificil datorită spaţiului limitat. Dulapul oricum poate fi folosit pentru instalări în incinte statice unde accesul din spate către conexiunile sursei de alimentare, către blocurile terminatoare poate fi mai convenabil.

Sertar modular

Sertarul modular prezentat în fig. 9.9, este conceput pentru a încorpora: plachetă cu circuit imprimat şi ansamblul de plachete.

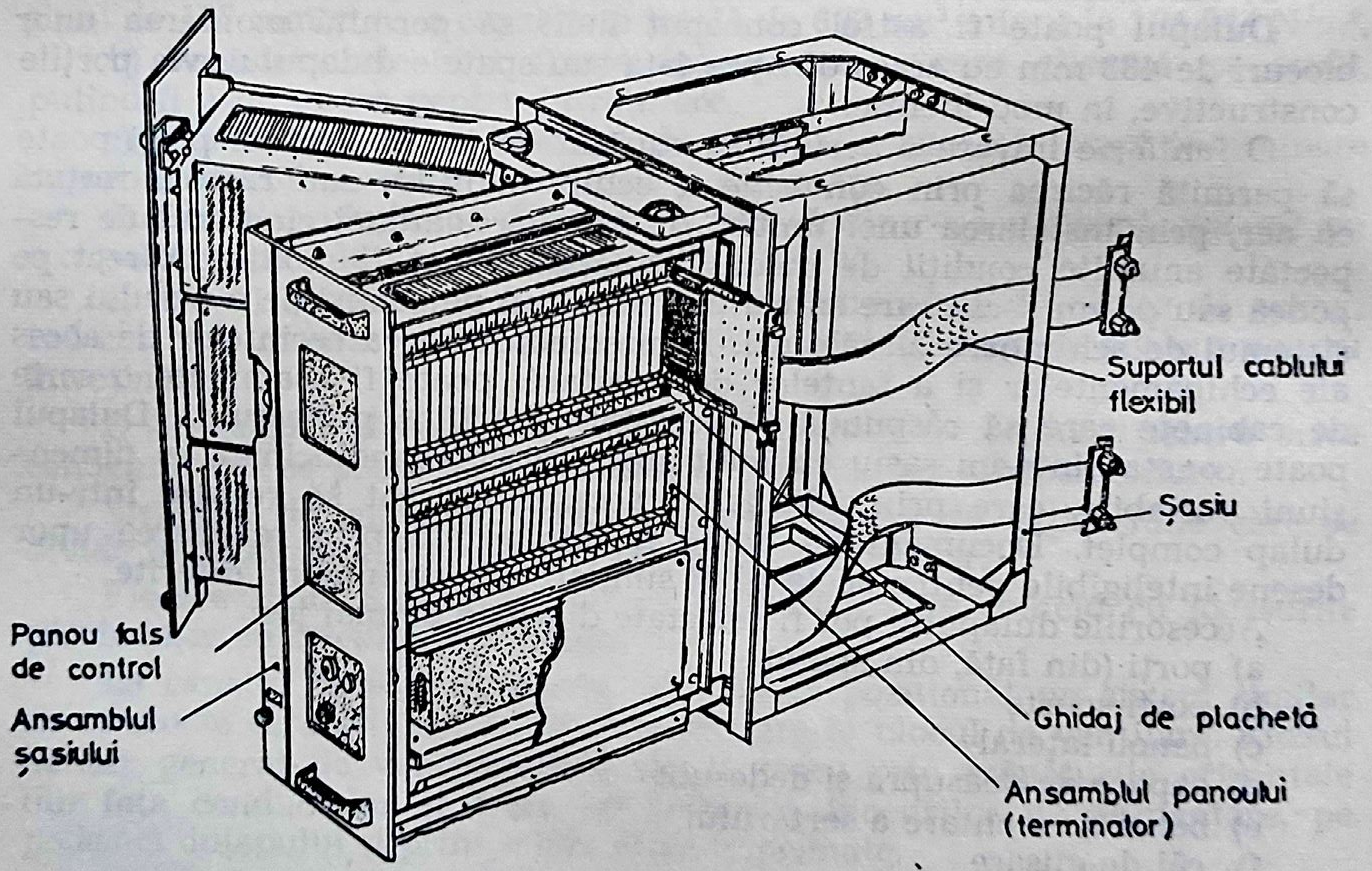

Suportul cablului flexibil
Şasiu
Panou fals de control
Ansamblul şasiului
Ghidaj de plachetă
Ansamblul panoului (terminator)

Fig. 9.9. Sertar modular.

a) Ansamblul plachetei cu circuit imprimat

Dimensiunile plăcii cu circuit imprimat sînt determinate de dimensiunile circuitelor electrice modulare, utilizate în sistemul de prelucrare a datelor precum și de circuitul optim al fiecărui subansamblu.

Important de luat în considerație este gradul de repetabilitate al funcțiilor realizate de anumite tipuri de plăci care are efect nu numai asupra minimizării efortului de concepție dar și asupra reducerii prețului pieselor de schimb pentru un anumit sistem (în special în sistemele de apărare și de urmărirea traficului aerian civil, unde timpul nu permite înlocuire în stare de operare a unor componente individuale). Esențial este și diagnosticarea rapidă precum și înlocuirea elementului de circuit. Placheta este introdusă într-un conector de plachete dublu față care asigură 80 conexiuni la plachetă. Conectorii au chei pentru a se preveni introducerea incorectă a plachetelor, și deci distrugerea plăcii sau a circuitelor electronice asamblate pe plachete.

Alt aspect e legat de folosirea unui dispozitiv de fixare pentru a se preveni jocul plachetei în conector în condiții de șocuri și vibrații. Cele două dispozitive de fixare cu arc pot fi văzute în fig. 9.11 împreună cu pîrghiile de extragere a plachetelor din conectoare.

Panoul frontal este din aliaj de aluminiu extrudat care asigură o suprafață cu unghiuri drepte cu fața plachetei. Ghidajele din plastic sînt turnate din „Delrin" și conțin un bosaj de localizare care permite folosirea unui șurub pentru a menține ghidajul în poziția corectă. Dispozitivul de fixare al plachetei e turnat din nylon cu fibre de sticlă. Ma-

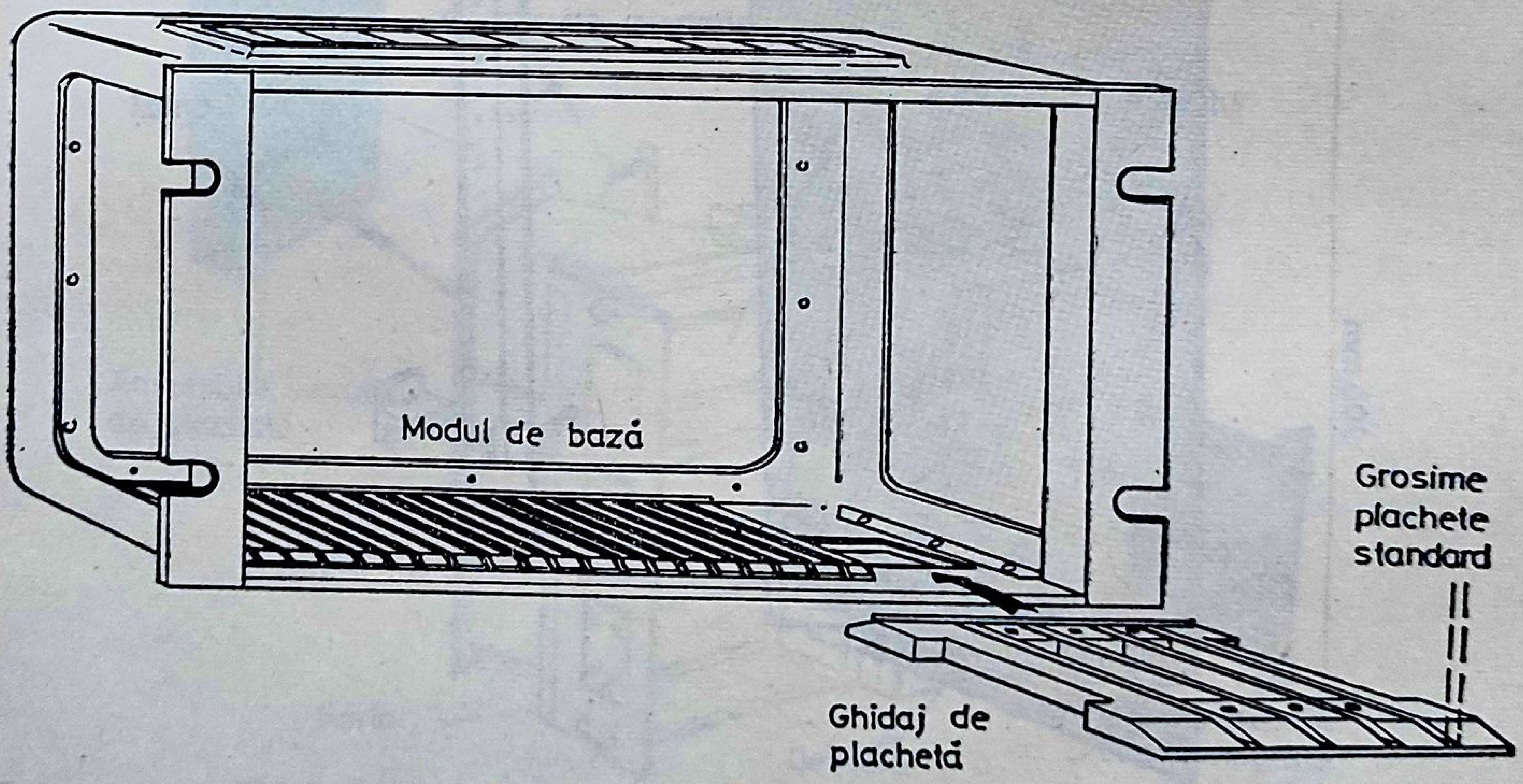


Fig. 9.10. Ansamblu sertar de plachete.

terialul pentru plachete este plastic ranforsat cu sticlă, pe care se pot face conexiuni pe o singură faţă, dublu faţă sau multistrat, funcţie de cerinţele circuitului.

b) Ansamblul modulelor de plachete

Ansamblul prezentat în fig. 9.10 e alcătuit din două părţi anume: un cadru metalic cu dimensiuni care-i permit să fie folosit în orice sertar de 483 mm pe centre de fixare standard şi un număr de ghidaje pentru plachete care sînt turnate în blocuri pentru cîte patru plachete, din nylon cu fibre de sticlă. Prin adoptarea unei plăci în care se montează conectoarele pentru plachete, acest ansamblu poate fi folosit ca un sertar pentru 24 plachete. Datorită multiplelor utilizări ale sertarului, costurile de fabricaţie a sculelor de turnare şi presare sînt justificabile din punct de vedere economic, chiar şi în condiţiile unei producţii de serie mică. Sertarul din fig. 9.9 constă dintr-un şasiu în care sînt găzduite 8 module de

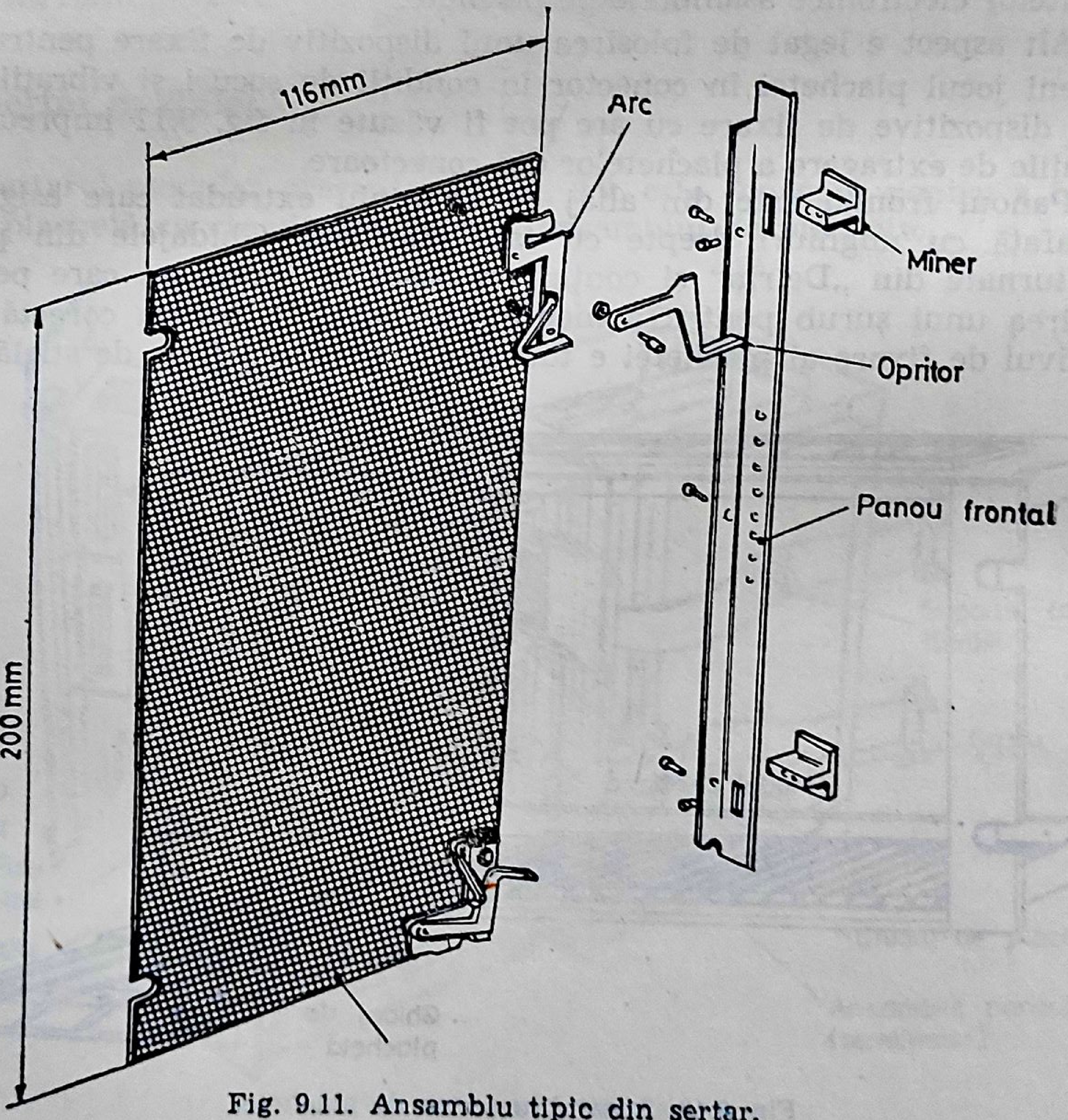


Fig. 9.11. Ansamblu tipic din sertar.

plachete, asamblate în două grupuri de cîte patru module, unul peste celălalt, formînd practic două sertare. În sertar pot fi introduse pînă la 192 plachete.

Se pot construi ansamble de sertare de cîte 2, 4, 6, 8 module realizînd astfel patru înălţimi diferite pentru şasie.

O diafragmă verticală, montată pe glisiere telescopice este potrivită în centrul şasiului. Sertarele sînt fixate în diafragmele de glisare prin două pivoturi amovibile la capătul superior şi cel inferior. Accesul la plachetele cu circuit imprimat este realizat prin extragerea lor în întregime din sertar. În această poziţie sertarele pot fi rotite pentru a se permite accesul la fundul de sertar cablat. Partea anterioară a sertarului este prevăzută cu un panou.

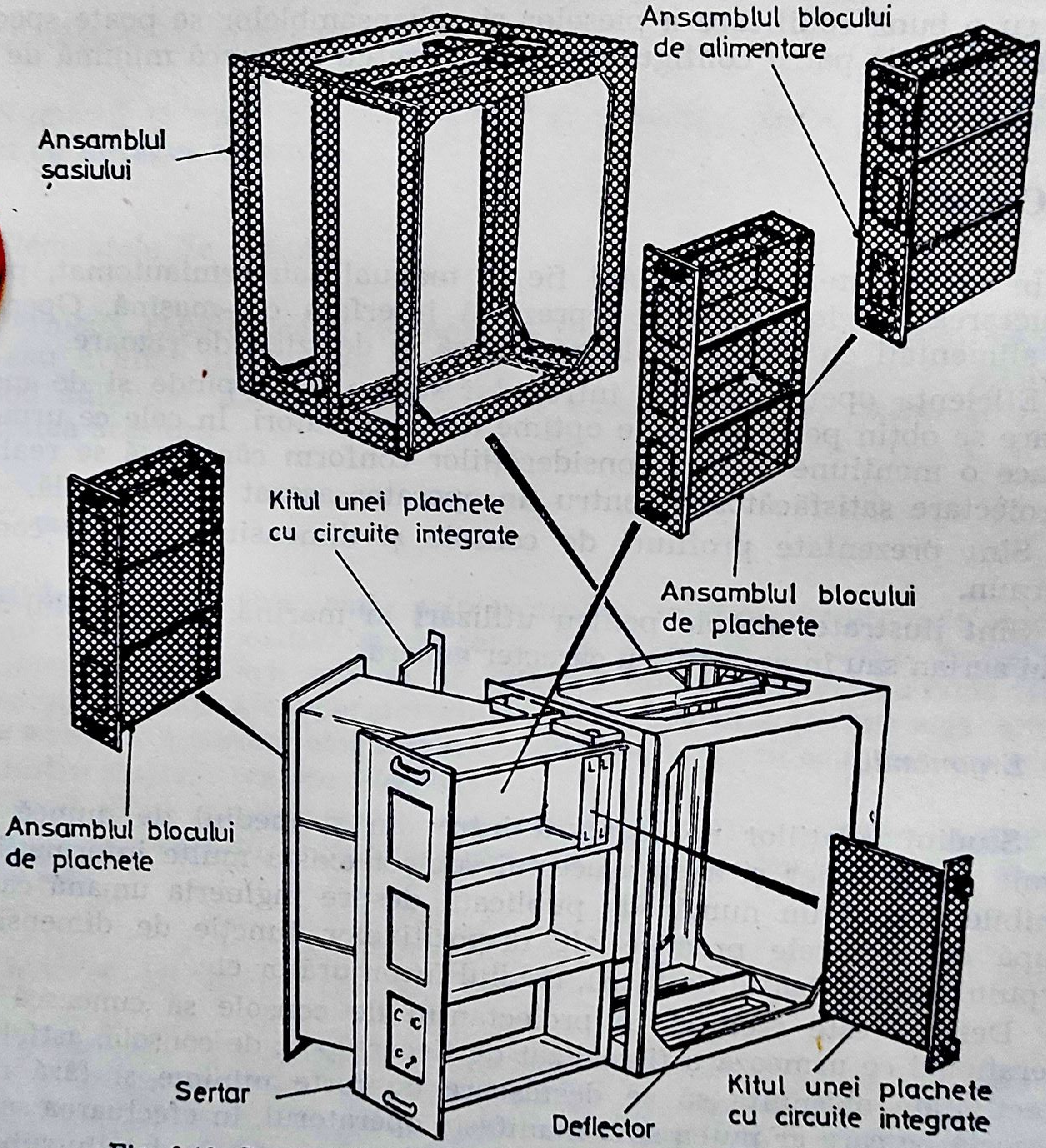

Ansamblul blocului de alimentare
Ansamblul şasiului
Kitul unei plachete cu circuite integrate
Ansamblul blocului de plachete
Ansamblul blocului de plachete
Sertar
Deflector
Kitul unei plachete cu circuite integrate

Fig. 9.12. Secvenţele de asamblare a unui sertar modular.

Cablurile atît cele flexibile cît şi cele convenţionale sînt trecute prin ghidaje speciale şi conectate la panourile terminale din spatele plachetelor. Cablajul fundului de sertar este modular, el putînd fi realizat manual sau automat, folosind fie metode prin lipire sau cablaje cu fire înfăşurate pe pinii conectorului (wire-wrapping).

Sertarul modular este conceput pentru a permite efectuarea instalării mecanice şi electrice în mod convenabil şi verificarea cablajului fundului de sertar. Fig. 9.12 ilustrează secvenţa de asamblare pentru subansamblele majore.

Din această figură se poate vedea că în locul unui sertar de plachete poate fi fixat un sertar al sursei de alimentare, ceea ce face posibil ca sursa de alimentare modulară să fie fixată în sertar. Printr-o documentaţie cu o bună codificare a pieselor şi subansamblelor se poate specifica oricare din cele patru configuraţii de sertare cu o muncă minimă de proiectare.

Consolele

În orice sistem operaţional fie el manual sau semiautomat, pentru prelucrarea datelor, consola reprezintă interfaţa om-maşină. Operatorii sînt alimentaţi cu date care le permit să ia deciziile de rigoare.

Eficienţa operaţională a întregului sistem va depinde şi de modul, în care se obţin performanţele optime de la operatori. În cele ce urmează, se face o menţiune asupra consideraţiilor conform cărora să se realizeze o proiectare satisfăcătoare pentru un operator aşezat la o consolă.

Sînt prezentate profiluri de console şi dimensiuni pentru console, şi scaun.

Sînt ilustrate console pentru utilizări în marină, în controlul traficului aerian sau în aplicaţii cu caracter general.

Ergonomie

Studiul relaţiilor de legătură între om şi mediul de muncă este numit „ergonomie“ şi asupra acestui subiect există multe informaţii disponibile. Există un număr de publicaţii despre ingineria umană care se ocupă cu aspectele practice ale dispozitivelor funcţie de dimensiunile corpului uman, spaţiul de lucru, mediul înconjurător etc.

Desigur este esenţial ca proiectantul de console să cunoască rolul operaţional ce urmează a fi realizat de fiecare post de consolă, astfel încît o activitate obişnuită să se desfăşoare cu forţe minime şi fără nici o oboseală pe care ar putea să o manifeste operatorul, în efectuarea sarcinii sale. Nu se intenţionează în acest capitol să se acopere în detaliu subiectul ergonomiei, ci mai curînd să se indice unele considerații practice ce urmează a fi aplicate pentru cea mai bună condiție de lucru la consolă.

Temperatura aerului, umiditatea, ventilația cu aer proaspăt, iluminarea, nivelele de zgomot pentru diversele instalații au mai fost menționate, așa că proiectantul trebuie să ia în considerare și alte aspecte ca:

Așezarea instalației

Factorii de spațiu afectează dispunerea în spațiu a instalației ca și facilitățile de corectare a erorilor și a celor de întreținere.

Display-urile vizuale

Numărul și mărimea display-urilor, folosirea lor și poziționarea în raport cu întregul sistem.

Elementele de control

Perioada, rapiditatea și secvența de folosire a întrerupătorului de control, sau a altor dispozitive în timp ce se execută o anumită operație. În mod adițional, dimensiunea fizică a elementelor de control și disponibilitatea acestora.

Comunicații

Mijloacele de comunicație prin microfon, telefon, comunicare vocală. Accesul necesar dispozitivelor de control și a intercomunicării dintre ele.

Obiectivul studierii relației de legătură dintre proiectarea consolei și dimensiunile fizice ale operatorului și rolul acestuia în întreaga activitate a sistemului pentru asigurarea condițiilor de lucru cele mai convenabile pentru majoritatea operatorilor.

Studii de prezentare engleze și americane au arătat că înălțimea medie al personalului masculin este de 173 cm iar greutatea medie de 67,6 kg.

Operator șezînd

Presupunînd că consola a fost concepută pentru un operator care să șadă, înălțimea de ședere ar trebui să fie de aproximativ 90 cm, iar nivelul ochiului la 80 cm de la suprafața superioară a scaunului. Înălțimea de la care trebuie să se găsească cotul, ar trebui să fie, de aprox.

228 cm de la scaun şi înălţimea de la nivelul podelei pînă sub genunchi, de 42 cm.

Dacă trebuie asigurată o poziţie fixă a scaunului el trebuie să fie la 43 cm deasupra nivelului solului, dar este de preferat ca înălţimea scaunului să fie ajustabilă între 40 cm şi 51 cm aşa cum se arată în fig. 9.13, a. Înălţimea medie a umerilor faţă de sol este de 57 cm şi pentru a se asigura o deplasare rezonabilă nu ar fi bine să se reducă înălţimea consolei faţă de nivelul solului sub 63,5 cm aşa cum se arată în fig. 9.13, b.

O statistică a personalului militar britanic arată că înălţimea scaunului ar trebui să fie în domeniul 40,64÷48,26 cm şi nivelul ochiului la 110,49÷129,54 cm aşa cum se indică în fig. 9.13, c.

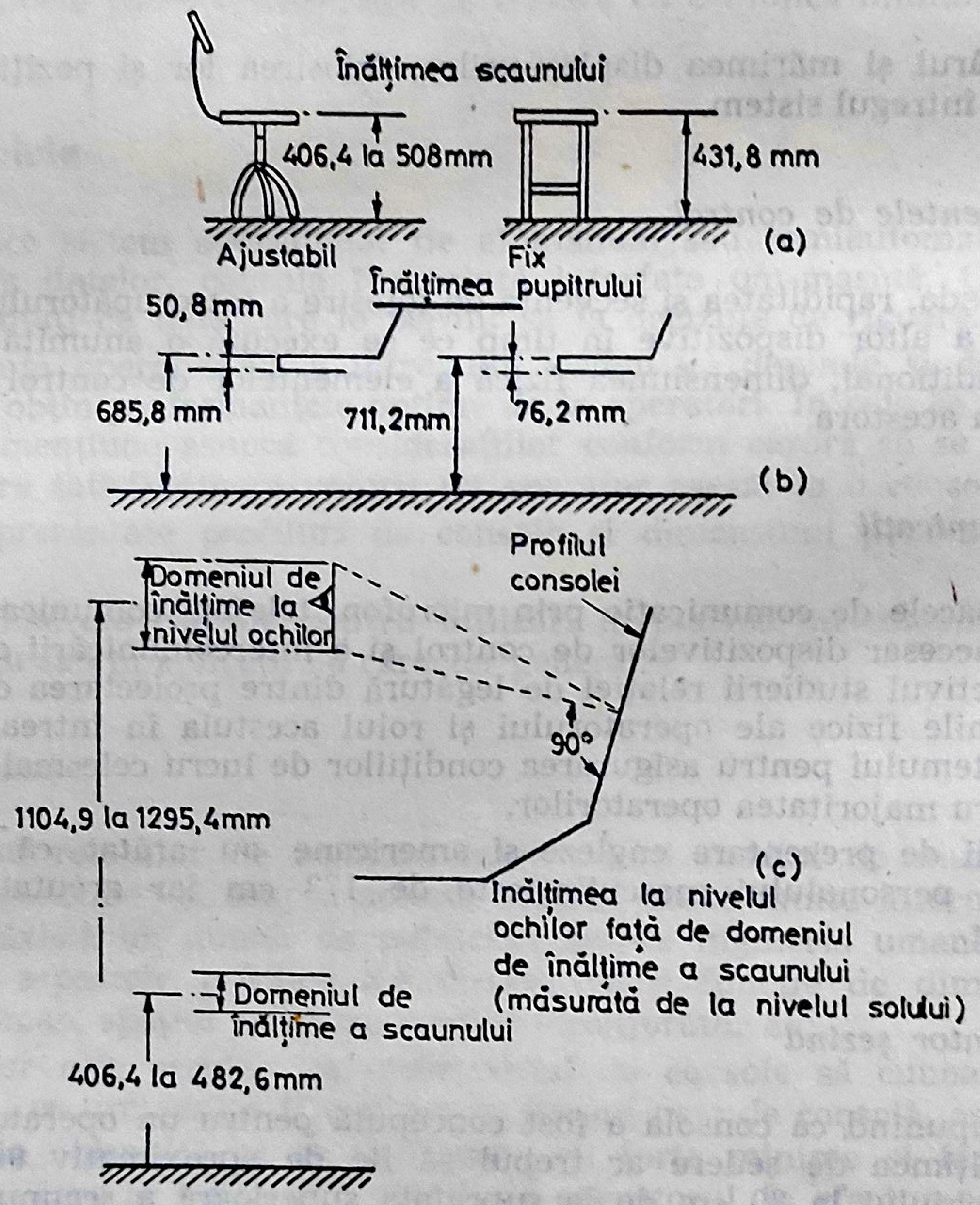

Înălţimea scaunului
406,4 la 508mm
431,8 mm
Ajustabil
Fix
(a)
Înălţimea pupitrului
50,8 mm
685,8 mm
711,2mm
76,2 mm
(b)
Profilul consolei
Domeniul de înălţime la nivelul ochilor
90°
1104,9 la 1295,4mm
(c)
Înălţimea la nivelul ochilor faţă de domeniul de înălţime a scaunului (măsurată de la nivelul solului)
Domeniul de înălţime a scaunului
406.4 la 482,6mm

Fig. 9.13. Criteriile de proiectare a unei console.

Fig. 9.14 ilustrează profilul unei console care încorporează cinci panouri care au fost concepute după mai multe studii ergonometrice.

Poziționarea elementelor de control

În vederea optimizării dispunerii consolei pentru a se realiza rolul său operațional, este de dorit să se producă modele experimentale ajustabile așa ca să se poată fixa poziția unghiulară a elementelor de control. Asemenea modele experimentale pot fi constituite din carton sau din lemn. Pentru a proba justețea profilului ales, e necesar să se simuleze realizarea oricărei operații și a se ajusta profilul pînă ce se obține optimul.

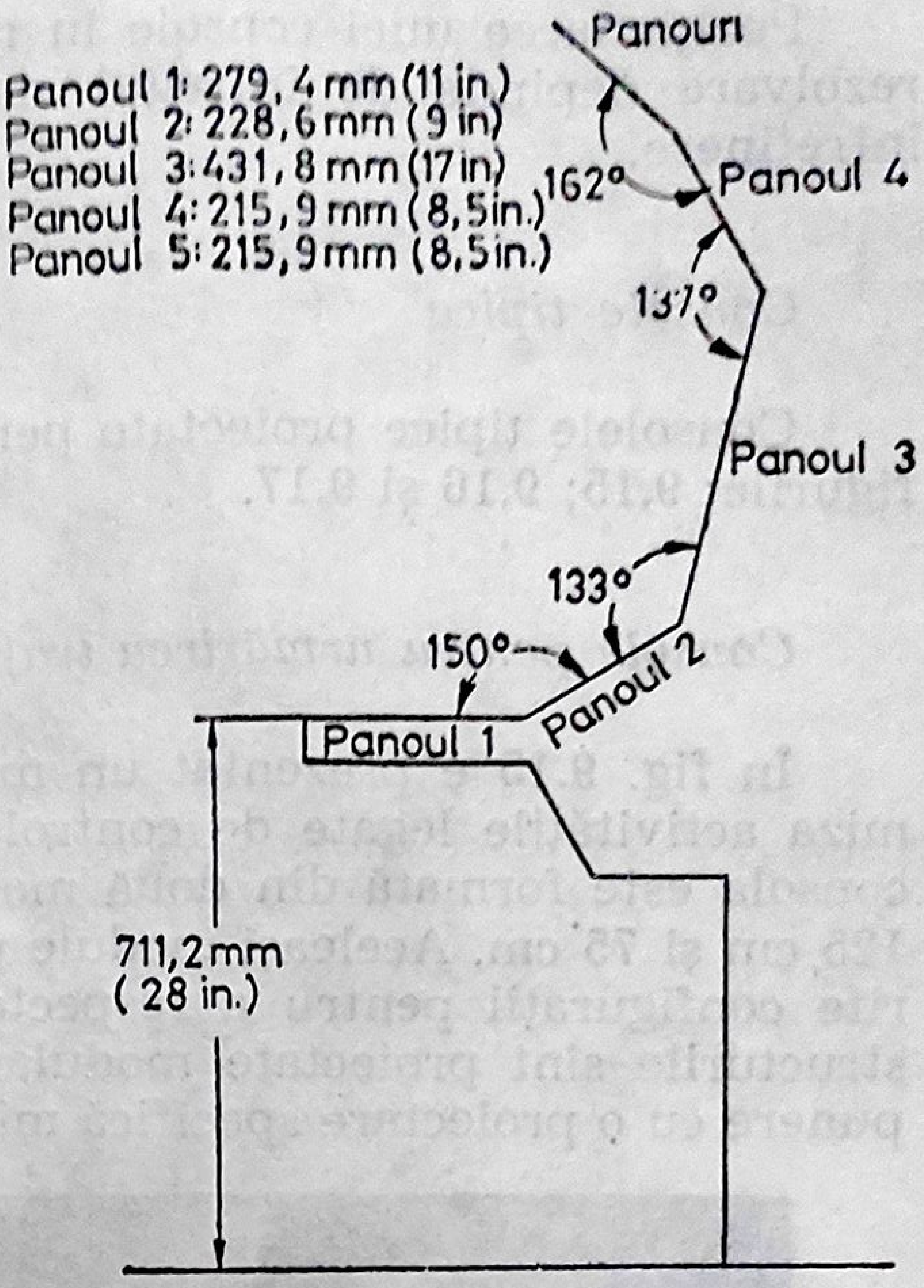

Panouri
Panoul 1: 279,4 mm (11 in.)
Panoul 2: 228,6 mm (9 in)
Panoul 3: 431,8 mm (17 in)
Panoul 4: 215,9 mm (8,5 in.)
Panoul 5: 215,9 mm (8,5 in.)
162°
Panoul 4
137°
Panoul 3
133°
150°
Panoul 2
Panoul 1
711,2 mm
(28 in.)

Fig. 9.14. Profil de consolă cu mai multe panouri.

Distanța laterală dintre operatori

În cazul unui sistem la care operatorii lucrează așezați la console așezate în șir una lîngă alta, spațiul minim dintre pozițiile operatorilor este 76,2 cm. Această distanță ține cont de lățimea cotului plus toleranțele legate de îmbrăcăminte, mișcare, schimbarea poziției ca operatorii alăturați să nu se atingă unul de altul.

Lățimea cotului poate fi luată de 54,6 cm cu o toleranță suplimentară de 2,54 cm pentru îmbrăcăminte din cei 9,53 cm rămași de fiecare parte rezultînd o toleranță limitată pentru mișcare și schimbarea poziției, aceste dimensiuni restrictive fiind acceptabile pentru o instalare într-o cabină mică.

În cazuri speciale în care operatorii reprezintă un grup mic și în care schimburile de lucru sînt reduse (3÷4 ore) distanța minimă între pozițiile operatorilor, menționate mai sus este acceptabilă oricum.

Pentru o instalare cu un spațiu destinat mai larg distanța poate fi mărită cu cel puțin 15,24 cm.

Dacă spațiul podelei este limitat se poate găsi adesea o soluție prin gruparea consolelor sau prin aranjarea lor în grupe de activitate.

Poziționarea unei console în raport față de alta e un subiect a cărei rezolvare depinde de întregul sistem, de facilitățile operaționale și de întreținere.

Console tipice

Consolele tipice proiectate pentru diverse aplicații sînt prezentate în figurile: 9,15; 9,16 și 9.17.

Console pentru urmărirea traficului aerian

În fig. 9.15 e prezentat un model construit din lemn pentru a optimiza activitățile legate de controlul traficului aerian. Se poate vedea că consola este formată din două module de bază de consolă, cu lățimea de 125 cm și 75 cm. Aceleași module pot fi folosite prin aranjarea lor în diferite configurații pentru a respecta alte cerințe funcționale. Panourile și structurile sînt proiectate modular pentru a permite alternative de dispunere cu o proiectare specifică minimă.

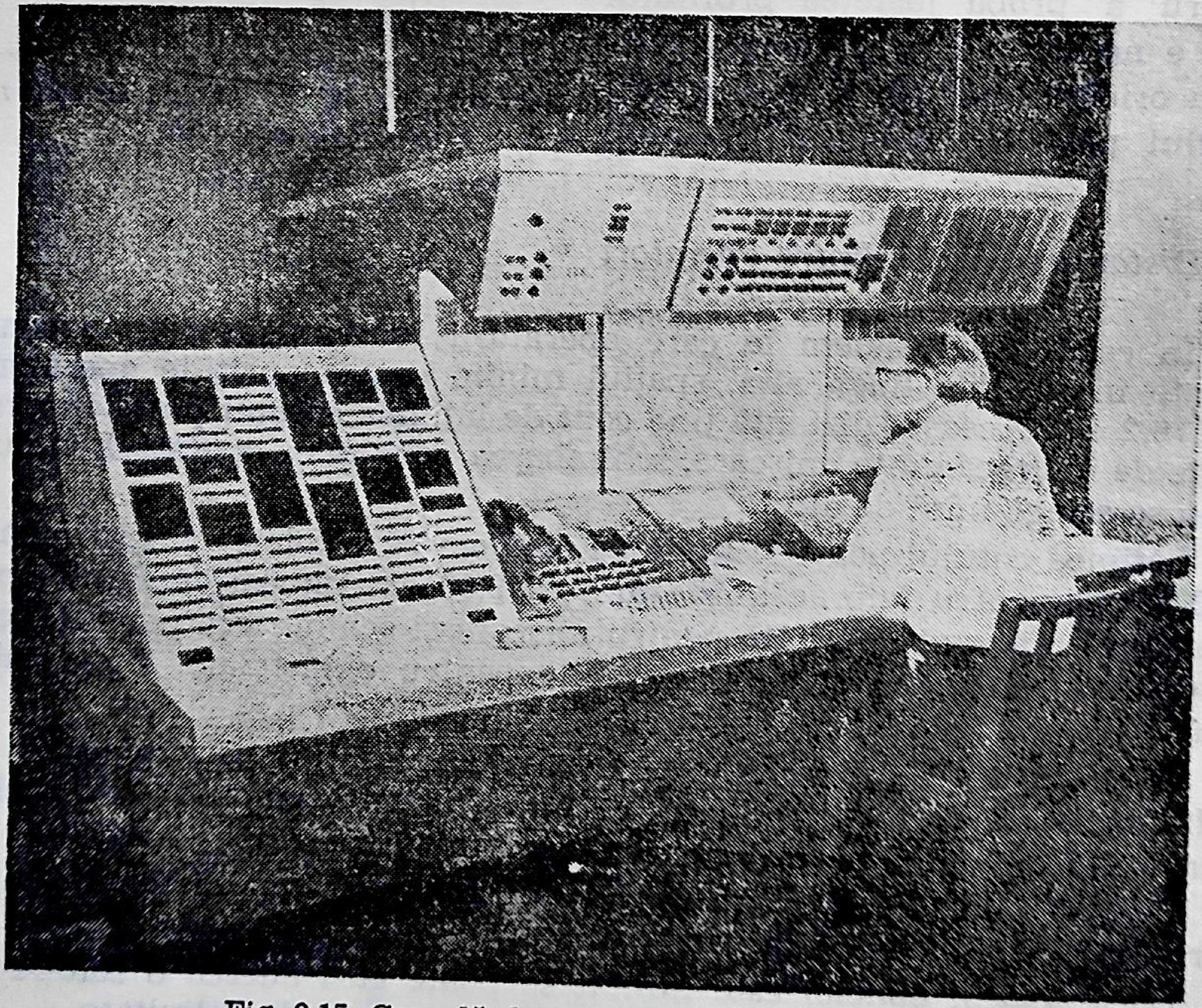


Fig. 9.15. Consolă de control a traficului aerian.

Console pentru aplicații navale

O consolă tipică pentru acest gen de aplicații este ilustrată în fig. 9.16. Accesul la un bloc conținut în interiorul consolei se realizează prin lăsarea în jos a panoului operatorului. Toate blocurile pot fi extrase și menținute în această poziție pentru operații de întreținere și de înlocuire.

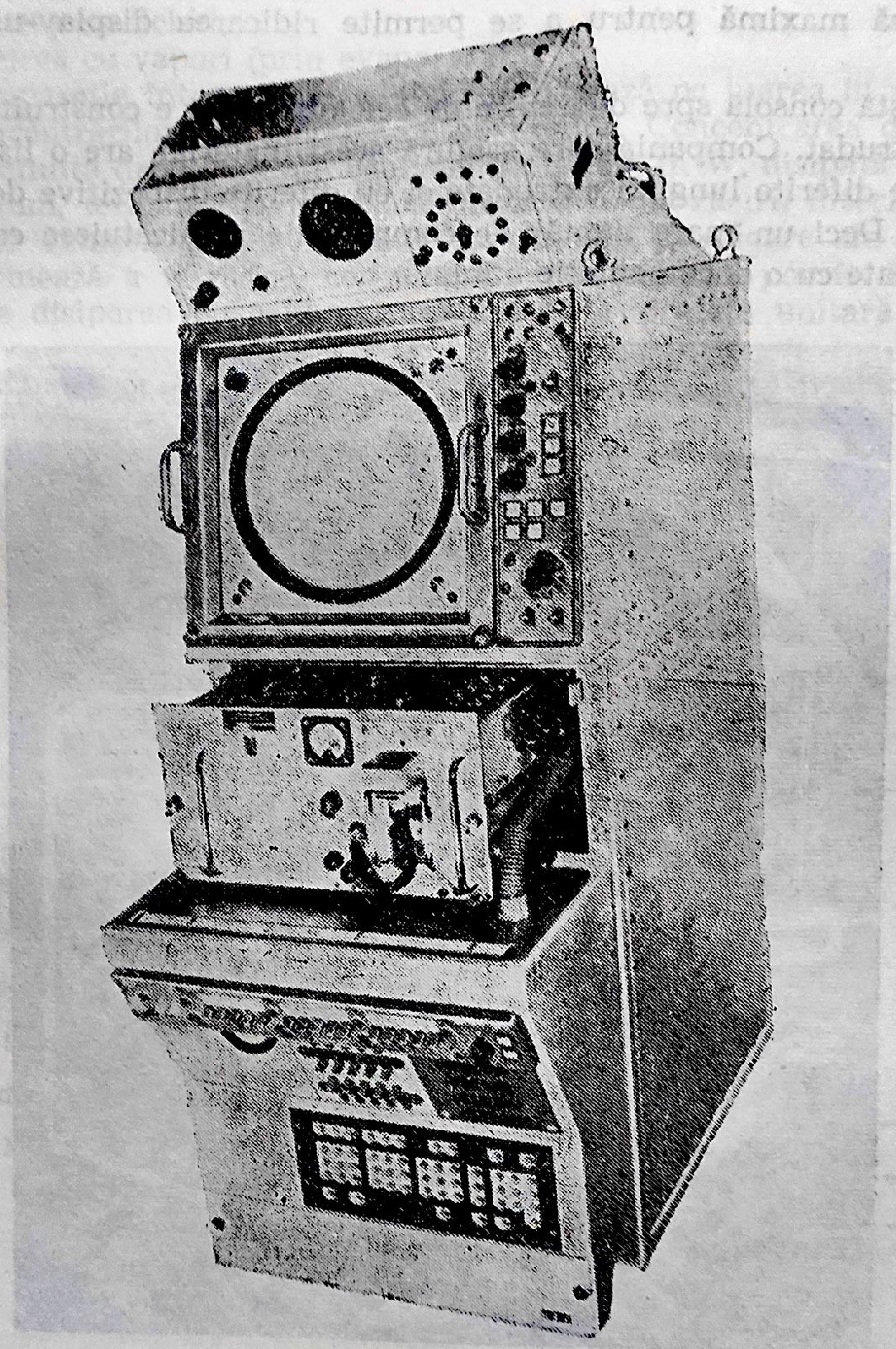


Fig. 9.16. Consolă de control montat pe vas.

Console pentru aplicații generale

Fig. 9.17 ilustrează o astfel de consolă și arată cum se înlocuiește sistemul de afișare pe tub catodic, pentru operațiile de întreținere. Dispozitivul de afișare este atașat de corpul consolei prin căi (șine) de extensie și poate fi împins înainte pînă cînd căile de glisare se blochează în poziția extinsă maximă pentru a se permite ridicarea display-ului de pe consolă.

Această consolă spre deosebire de celelalte două e construită din aluminiu extrudat. Compania care asigură acest material, are o listă pe calculator pe diferite lungimi extrudate și cu diferite dispozitive de prindere și fixare. Deci un mare număr de componente ce alcătuiesc consola pot fi specificate cu o documentație minimă.

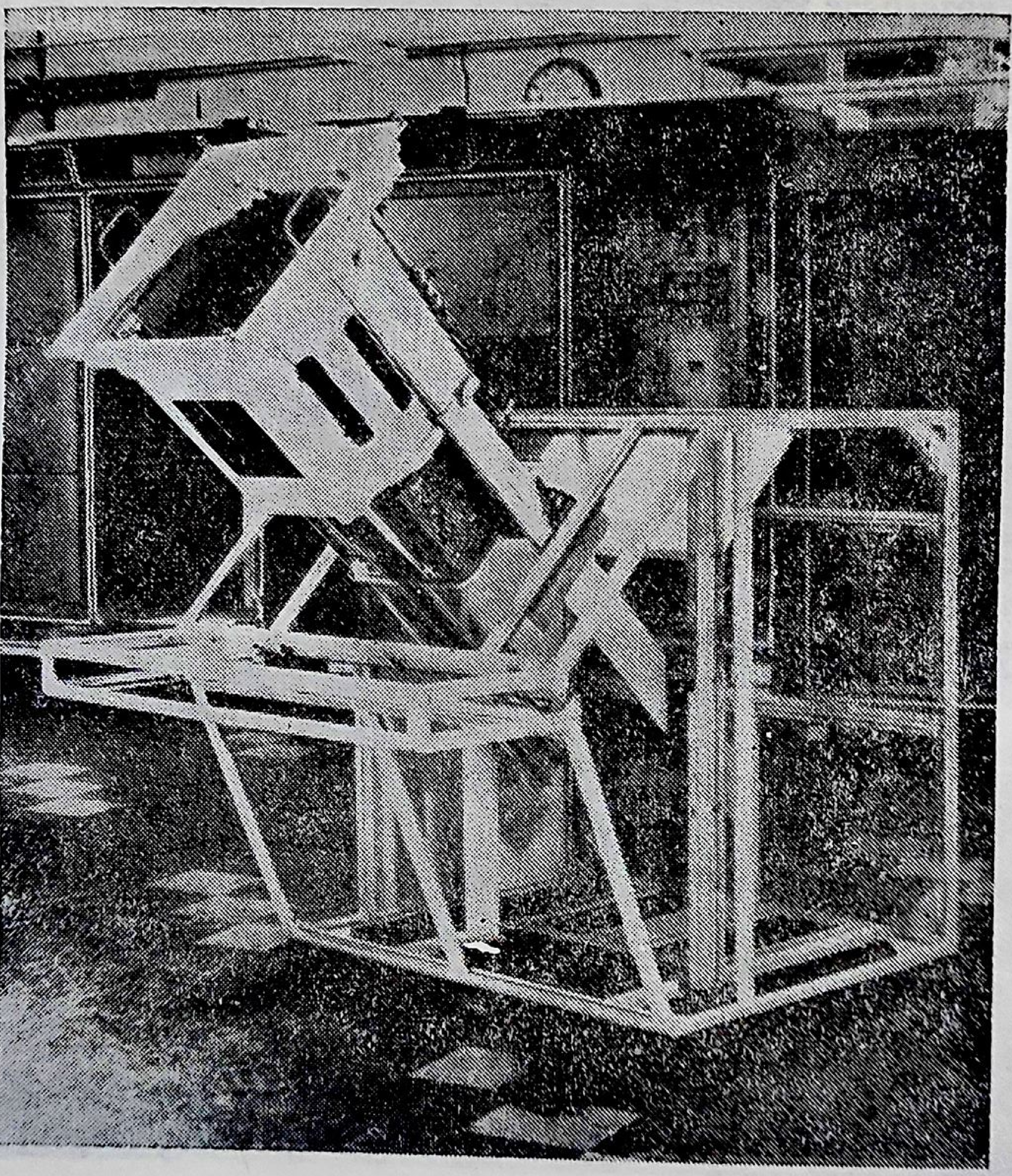


Fig. 9.17. Consolă cu uz general.

Metode de răcire

Cele patru metode principale de răcire a echipamentului electronic sînt:

a) răcirea cu aer prin convecţie naturală, conducţie şi radiaţie;
b) răcirea forţată cu aer;
c) răcirea cu lichid;
d) răcirea cu vapori (prin evaporare).

O comparaţie între aceste metode se bazează pe luarea în consideraţie a „concentrărilor" de căldură ce se produc. Concentrarea de căldură poate fi definită drept căldura echivalentă totală, în W, disipată pe unitatea de volum, termenul fiind aplicat în mod uzual răcirii interne a echipamentelor etanşeizate. Acolo unde suprafeţele exterioare ale unui dispozitiv urmează a fi răcite, concentraţiile de căldură pot fi definite în funcţie de disiparea de căldură necesară pe suprafaţa unitară a dispozitivului.

Fig. 9.18. indică disipaţiile maxime de căldură ce se pot obţine prin diferitele metode de răcire.

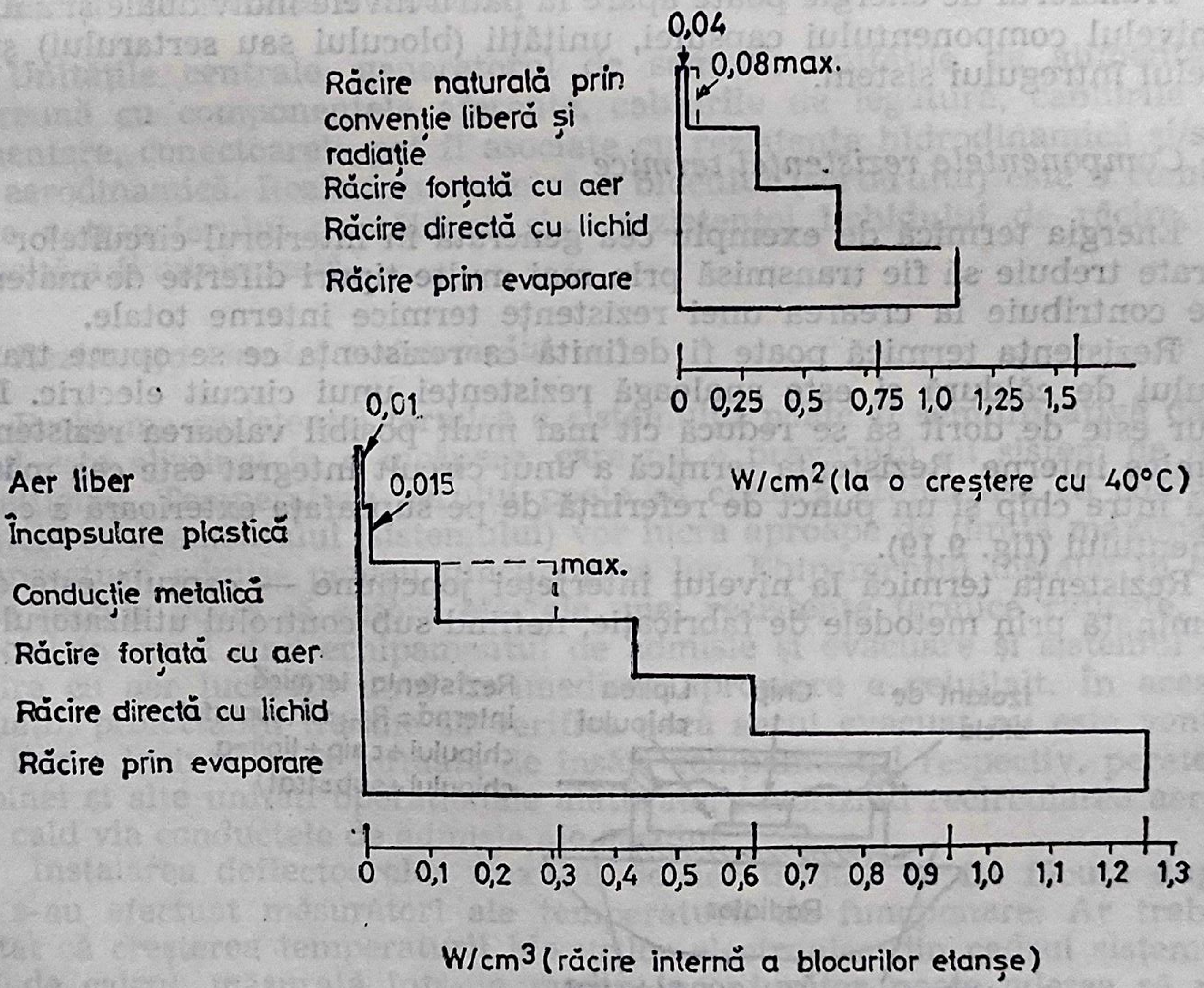


Fig. 9.18. Comparaţia între diferitele metode de răcire.

Selectarea celei mai potrivite metode de răcire este dependentă primordial de concentrațiile de căldură, dar vor trebui luate în considerare și alți factori ca: complexitatea echipamentului, sursele adiacente de disipare a căldurii, efectul temperaturii mediului înconjurător. În plus va trebui evaluat și costul necesar adoptării unei anumite metode de răcire și comparat eventual cu cel al celorlalte variante.

Surse ale rezistenței termice

Obiectivul oricărui transfer de căldură este acela de a transfera energia termică de la o sursă de căldură bine definită către unul sau mai multe radiatoare. În cazul echipamentelor electronice, sursa de căldură poate fi constituită de către un modul de circuit integrat, iar ca radiator un lichid în mișcare. De asemenea sursa de căldură poate fi unitatea centrală și radiatorul, încăperea cu aer condiționat. Deși în fiecare din aceste cazuri principiul e același, metodele de implementare privind transferul de energie vor diferi.

Transferul de energie poate apare la patru nivele individuale și anume la nivelul componentului capsulei, unității (blocului sau sertarului) și la nivelul întregului sistem.

Componentele rezistenței termice

Energia termică de exemplu cea generată în interiorul circuitelor integrate trebuie să fie transmisă prin mai multe tipuri diferite de material care contribuie la crearea unei rezistențe termice interne totale.

Rezistența termică poate fi definită ca rezistența ce se opune transferului de căldură și este analoagă rezistenței unui circuit electric. Desigur este de dorit să se reducă cît mai mult posibil valoarea rezistenței termice interne. Rezistența termică a unui circuit integrat este cea măsurată între chip și un punct de referință de pe suprafața exterioară a componentului (fig. 9.19).

Rezistența termică la nivelul interfeței joncțiune — capsulă este determinată prin metodele de fabricație, nefiind sub controlul utilizatorului.

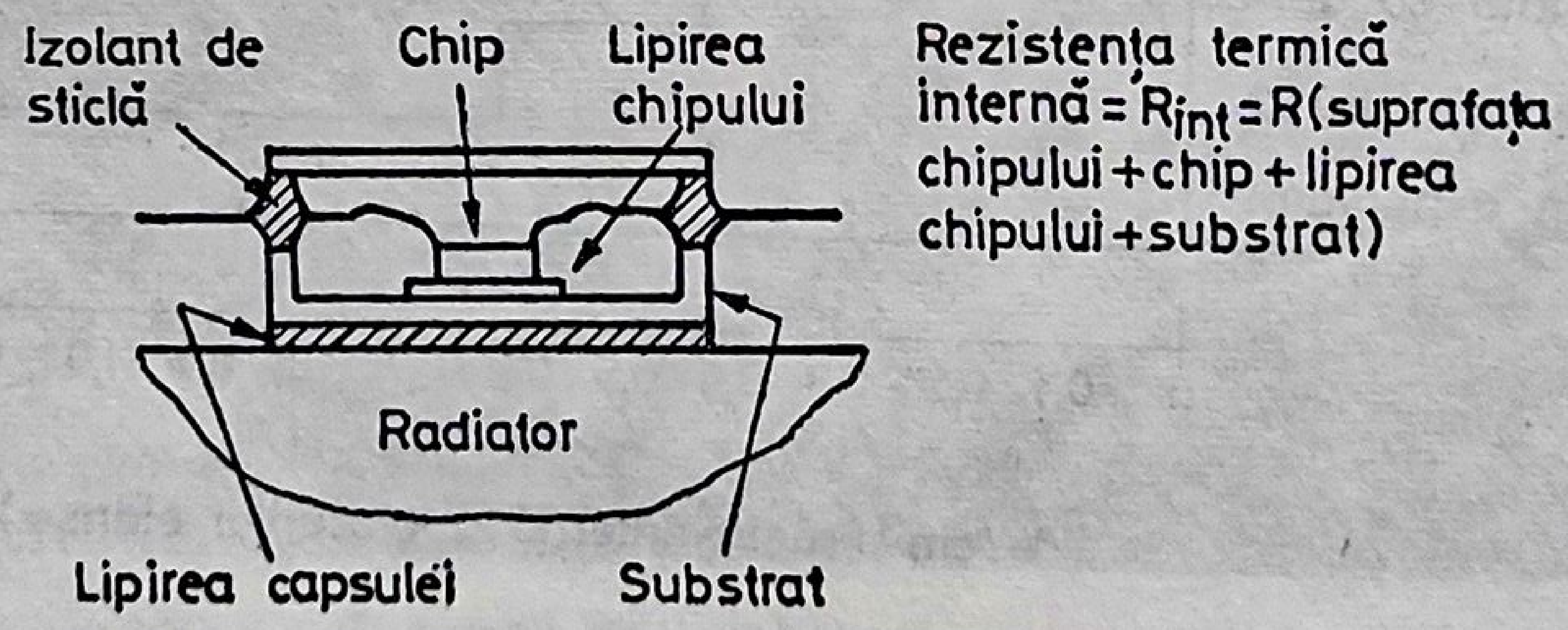

Izolant de sticlă
Chip
Lipirea chipului
Rezistența termică internă = R_{int} = R(suprafața chipului + chip + lipirea chipului + substrat)
Radiator
Lipirea capsulei
Substrat

Fig. 9.19. Rezistența termică între consolă și radiator.

Principalele limitări care determină mediul termic al unui chip sînt date de variația maximă a temperaturii dintre joncțiune și capsulă (chip). Transferul de căldură poate fi îmbunătățit prin înlocuirea răcirii capsulei cu lichid de răcire cu aer.

Rezistența termică a capsulei

Componentele individuale pot fi astfel dispuse încît să realizeze o funcție anumită a dispozitivului în cadrul întregului sistem electronic de calcul. În estimarea răcirii prin conducție o valoare apreciabilă a rezistenței termice este dată de interfața modul-ansamblu.

Mărimea valorii rezistenței termice asociată conductanței suprafeței fiecărei componente depinde de stratul graniței termice. Ea poate fi micșorată prin folosirea radiatoarelor, ventilatoarelor și altele. Rezistența termică a capsulei sau componentului este rezistența termică dintre un punct de referință de pe suprafața componentului și lichidul de răcire al sistemului.

Rezistența termică a blocului

Unitățile centrale, generatorul de semnal, unitățile de alimentare, împreună cu componentele aferente, cablurile de legătură, cablurile de alimentare, conectoarele pot fi asociate cu rezistența hidrodinamică și/sau cea aerodinamică. Rezistența termică a blocului (sertarului) este o combinație a transferului de căldură și a rezistenței lichidului de răcire, ce necesită a fi minimizată.

Rezistența termică a sistemului

Problema rezistenței termice a sistemului poate fi semnificativă dacă aerul este eliminat în o încăpere, care nu e prevăzută cu sistem de aer condiționat. Temperatura aerului poate să crească atunci așa că componentele echipamentului (sistemului) vor lucra aproape de limita maximă a temperaturii admise pentru funcționarea lor. Ehipamentul instalat în cabine mobile poate să sufere efectele unei rezistențe termice ridicate, în special în cazul cînd echipamentul de admisie și evacuare și sistemul de răcire cu aer lucrează unul în imediata apropiere a celuilalt. În aceste situații, proiectanții trebuie să verifice dacă aerul evacuat nu este ventilat într-o incintă mică formată de însăși echipamentul respectiv, peretele cabinei și alte unități operaționale alăturate, favorizînd recircularea aerului cald via conductele de admisie ale aerului.

Instalarea deflectoarelor fluxului de aer trebuie să fie făcută după ce s-au efectuat măsurători ale temperaturii de funcționare. Ar trebui notat că creșterea temperaturii blocurilor electronice din cadrul sistemului de calcul, măsurată într-un mediu înconjurător poate adesea să nu depășească limitele garantate de fabricant, dar poate să conducă la micşorarea siguranţei în funcţionare atunci cînd blocurile sînt introduse în cabine mobile de exemplu. Aceiaşi problemă poate apare atunci cînd echipamentului i se cere să-şi continue activitatea chiar cînd echipamentul de aer condiţionat s-a defectat, sau atunci cînd se pune problema menţinerii unei variaţii cît mai mici a temperaturii între diferitele blocuri ale sistemului. În aceste situaţii s-ar putea să fie necesară metoda schimbătorului de căldură prin lichid de răcire.

Caracteristicile termice ale semiconductorului

Pentru fiecare creştere incrementală a disipaţiei de putere a dispozitivului semiconductor, va rezulta o creştere a temperaturii chip-joncţiune semiconductoare şi deci o variaţie a caracteristicilor semiconductorilor ce depind de temperatură.

Disipaţia medie a unui tranzistor de putere este dată în cazul unei temperaturi scăzute.

De exemplu unui tranzistor poate să i se atribuie o disipaţie maximă a puterii de 115 W la 25°C dar în aer liber fără radiator, e posibil să disipe numai 15 W înainte de a se ajunge la temperatura permisă a funcţionării.

În aplicaţii e puţin posibil ca temperatura să se menţină la 25°C. O curbă de descreştere a puterii (fig. 9.20), este furnizată de obicei de către orice producător. Atunci cînd se folosesc radiatoare de căldură o constantă de temperatură termică mare asociată acestor dispozitive face ca caracteristicile tranzistorului să se modifice lent într-un mediu de funcţionare. Puterea disipată la toate valorile curentului de colector a temperaturii dintre chip şi joncţiune. Pentru o tensiune colector-emiter dată, curenţii de colector admisibili vor depinde de ciclul de funcţionare al tranzistorului. De exemplu o componentă de curent continuu de 1,5 A a curentului de colector poate fi socotită ca admisibilă şi ea poate să crească cu 2,5 A în cazul unor circuite ce comută la 5 µsec.

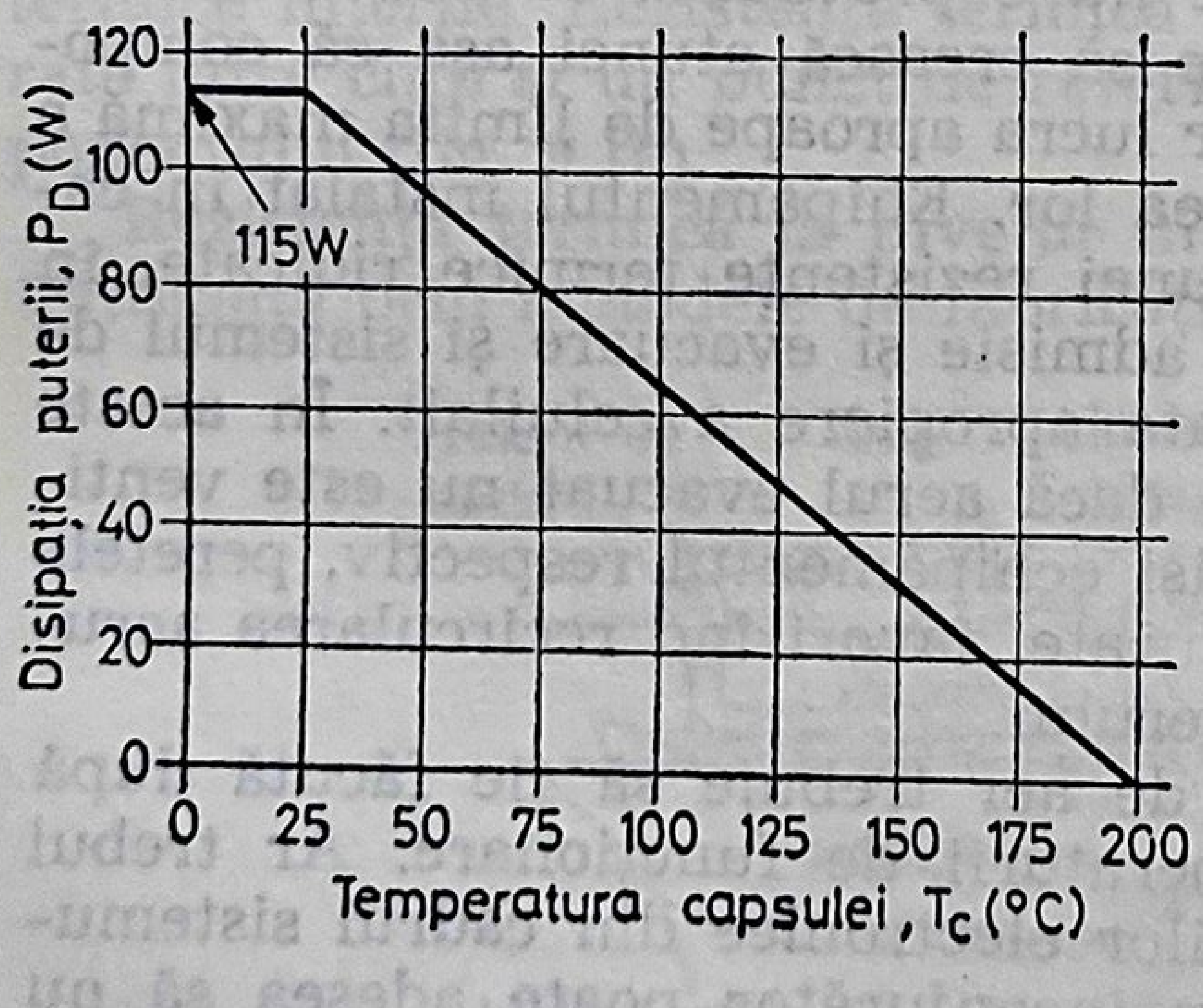


Fig. 9.20. Curba de variaţie a disipării.

Deci la funcţionarea într-un domeniu dat de putere — temperatura nu va permite garantarea siguranţei în funcţionare a componentului ci va trebui să se ia în considerare un factor suplimentar, anume străpungerea secundară, care e funcţie de timp, tensiune şi curent. Un grafic suplimentar (fig. 9.21) este de obicei furnizat de către producătorii de tranzistoare de putere, indicîndu-se suprafeţele de funcţionare sigură.

Liniile întregi delimitează regiunea sub care dispozitivul nu va suferi o străpungere secundară, în timp ce liniile întrerupte definesc limitele termice. Liniile de sarcină ale colectorului trebuie să treacă prin acele suprafeţe sigure în funcţionare pentru a nu se produce scurtcircuitarea joncţiunii colector-emiter.

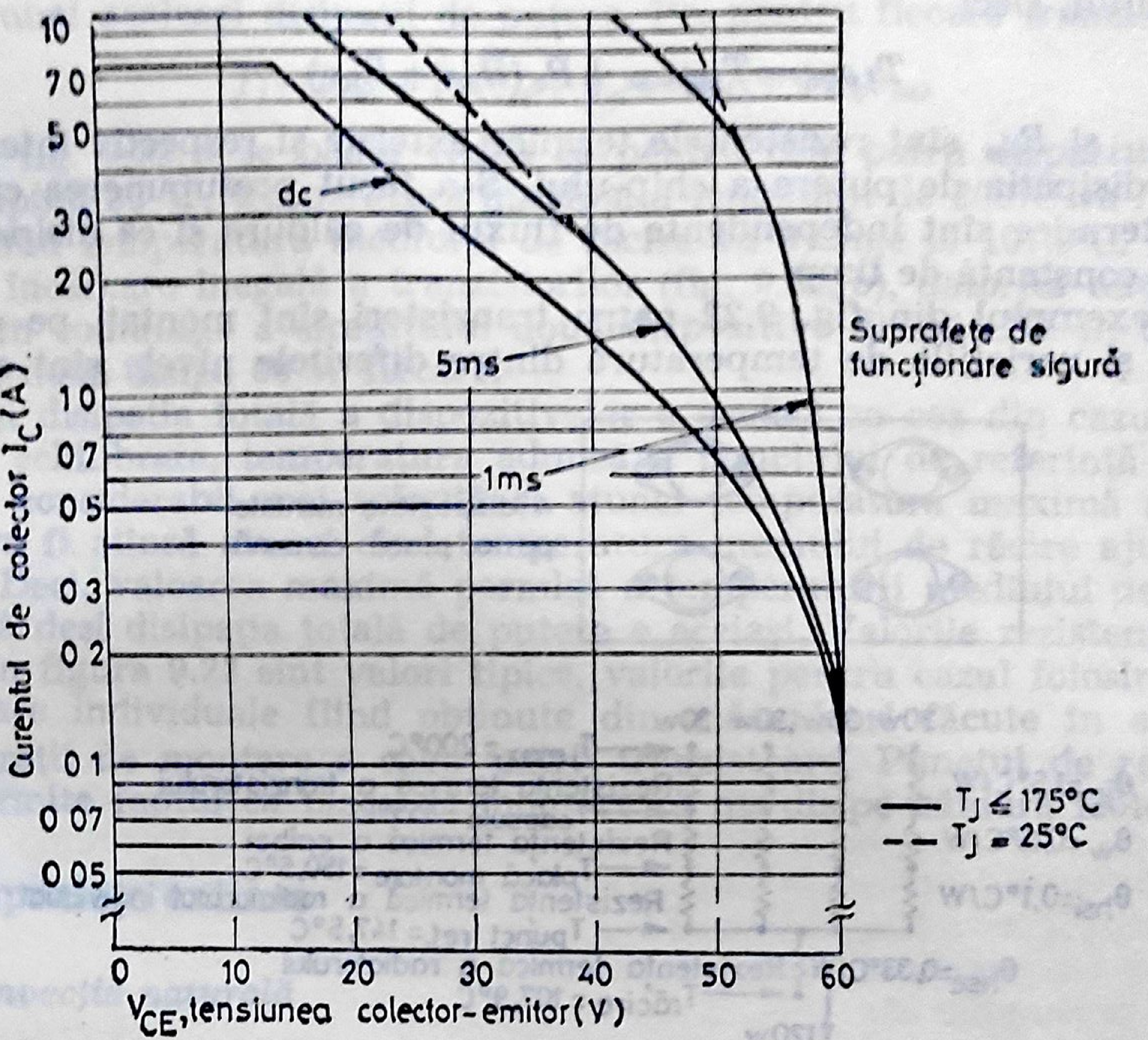


Fig. 9.21. Suprafeţe de utilizare sigure.

Limitările unui circuit integrat în raport cu mediul de funcţionare, presupune în primul rînd luarea în considerare a temperaturii maxim admise pentru interfaţa chip-joncţiune, $T_{j\,max}$. Această limitare de temperatură este stabilită de către producător şi poate să se înscrie într-un domeniu de pînă la 200°C. Celălalt aspect ce trebuie luat în considerare este acela al variaţiilor temperaturii la nivelul chip-joncţiune. Variaţia maximă a acestei temperaturi este egală cu temperatura maximă a joncţiunii la o disipaţie maximă de putere, minus temperatura minimă a joncţiunii la o disipaţie minimă de putere. Deci e important de semnalat că există o variaţie de temperatură nu numai între chip/joncţiune şi capsule dar şi între capsule, stratul izolant, radiator şi mediul de răcire.

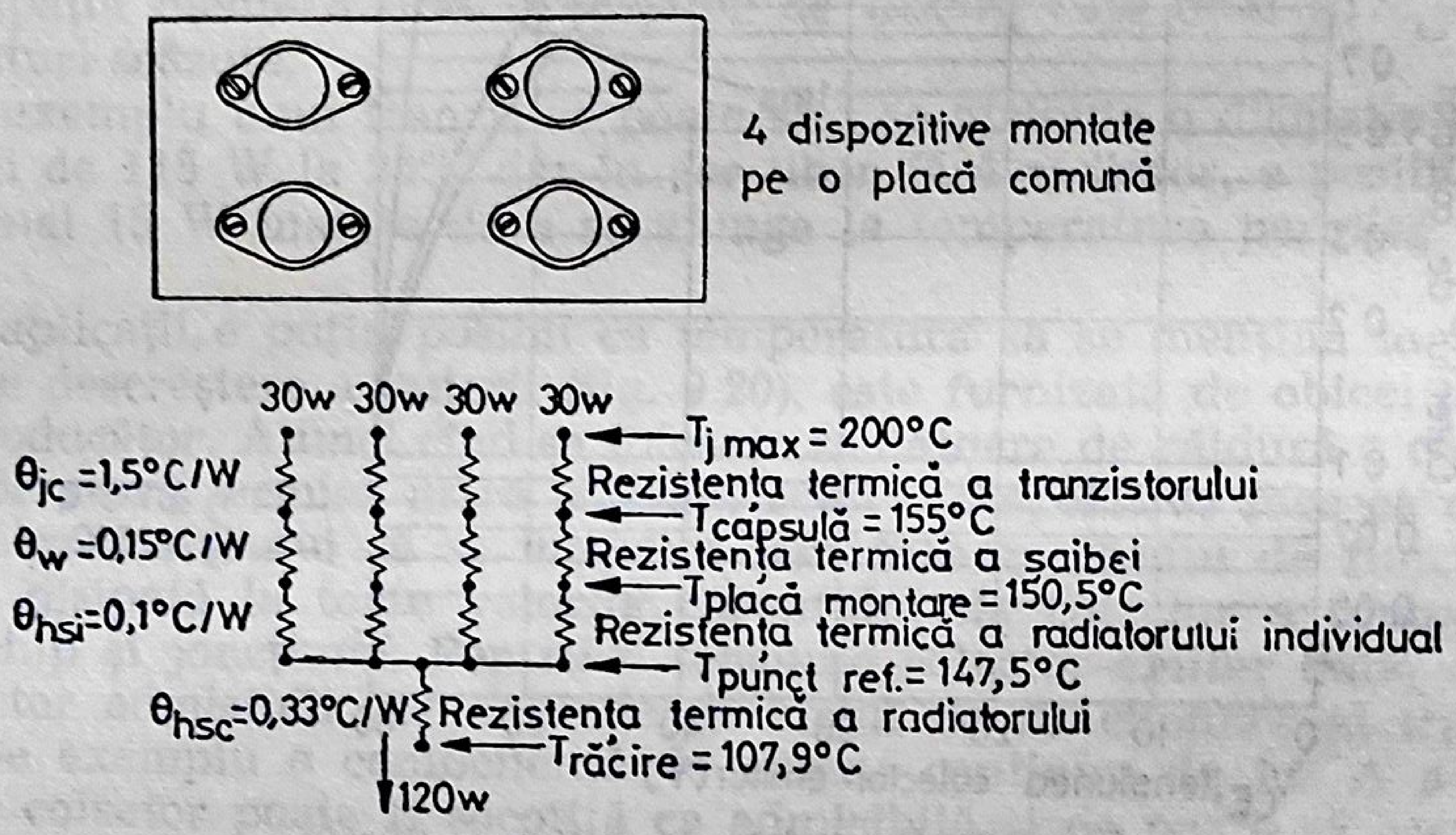
Variaţiile de temperatură ale mediului de răcire sînt de aşteptat, date fiind ciclurile zilnice ale temperaturii aerului mediului înconjurător şi a disipărilor unităţilor alăturate. În plus disipaţiile de putere sînt variabile funcție de condițiile de funcționare, inclusiv viteza de comutație a circuitului.

În stare de echilibru, temperatura maximă a joncțiunii ($T_{j.max.}$) e egală cu temperatura maximă a mediului de răcire ($T_{răc.\ max.}$) plus gradientul de temperatură prin rezistențele termice interne și externe ale ansamblului. Deci,

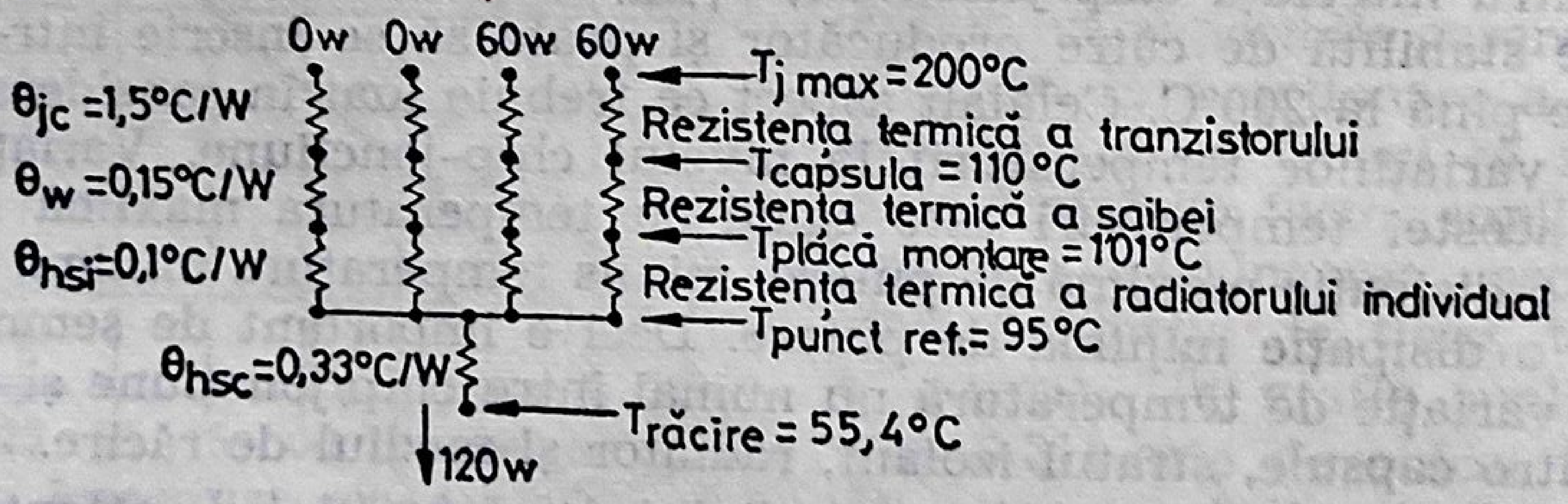
$$T_{j.max} = T_{răc.max} + P_o\,(R_{ext.} + R_{int.}) \qquad (9.1)$$

unde R_{ext} și R_{int} sînt rezistențele termice externe și respectiv interne, iar P_c este disipația de putere a chip-ului. S-a făcut presupunerea că rezistențele termice sînt independente de fluxul de căldură și că disipația puterii e o constantă de timp.

În exemplul din fig. 9.22 patru tranzistori sînt montați pe o placă comună și variațiile de temperatură dintre diferitele nivele sînt studiate


4 dispozitive montate pe o placă comună
30w 30w 30w 30w
Tj max = 200°C
θjc =1,5°C/W
Rezistența termică a tranzistorului
Tcapsulă = 155°C
θw =0,15°C/W
Rezistența termică a șaibei
Tplacă montare = 150,5°C
θhsi=0,1°C/W
Rezistența termică a radiatorului individual
Tpunct ref.= 147,5°C
θhsc=0,33°C/W
Rezistența termică a radiatorului
Trăcire = 107,9°C
120w

(a) Încărcare echilibrată


0w 0w 60w 60w
Tj max=200°C
θjc =1,5°C/W
Rezistența termică a tranzistorului
Tcapsula = 110°C
θw =0,15°C/W
Rezistența termică a șaibei
Tplăcă montare =101°C
θhsi=0,1°C/W
Rezistența termică a radiatorului individual
Tpunct ref.= 95°C
θhsc=0,33°C/W
Trăcire = 55,4°C
120w

(b) Încărcare neechilibrată

Fig. 9.22. Analogia electrică a sistemului de transfer a căldurii.

folosindu-se analogia electrică. Rezistența termică a ansamblului poate fi dedusă din rezistența internă a tranzistorului (θ_{jc}), prin piulița de montare (θ_w), a radiatorului individual (θ_{hsi}) și a radiatorului comun (θ_{hsc}) față de mediul de răcire.

În condițiile de echilibru adică de încărcare balansată a tranzistorilor și a unei aceleași disipații de putere, Pc, pentru fiecare tranzistor

$$T_j = T_{răc} + P_c(\theta_{je} + \theta_w + \theta_{hsi}) + 4\,P_c\theta_{hsc} \qquad (9.2)$$

Din fig. 9.22, *a* se poate vedea că pentru cele patru dispozitive, fiecare disipînd 30 W, temperatura maximă a joncțiunii de 200°C va fi atinsă atunci cînd temperatura mediului de răcire va ajunge la 107,9°C. În condiții de încărcare inegală a tranzistorilor (fig. 9.22, *b*), datorită unei funcționări în comutație a circuitului două dispozitive disipă OW în timp ce celelalte două disipă 60 W fiecare.

Deși disipația totală a dispozitivelor e aceiași ca cea din cazul funcționării echilibrate, temperatura admisă a punctului de referință Tref e în mod considerabil mai scăzută și atunci temperatura maximă a joncțiunii va fi atinsă atunci cînd temperatura mediului de răcire ajunge la 55,4°C. Deci, valoarea maximă permisă a temperaturii mediului de răcire e redusă deși disipația totală de putere e aceiași. Valorile rezistenței termice din figura 9.22 sînt valori tipice, valorile pentru cazul folosirii unor radiatoare individuale fiind obținute din măsurători făcute în anumite configurații de montare a celor patru tranzistoare. Punctul de referință ales permite faptul ca placa de montare să nu disipe căldură izotermică.

Suprafețe extinse

Convecția naturală

Pentru a determina numărul și configurația aripioarelor de radiatoare, necesare realizării disipației de căldură prin convecție naturală trebuie să se cunoască:

a) puterea maximă ce urmează a fi disipată în fiecare dispozitiv;

b) temperaturile maxime ale joncțiunii la valori maxime ale puterii de ieșire;

c) rezistența termică la nivelul joncțiune-capsulă;

d) temperatura maximă a aerului în care funcționează ansamblul;

e) limitările impuse de dimensiunile fizice ale blocurilor componente.

Atunci ar trebui adoptată următoarea procedură:

a) printr-o analiză dimensională să se obțină un grafic de variație al puterii de ieșire funcție de diferite lățimi ale aripioarelor;

b) să se verifice analiza prin măsurători efectuate asupra prototipului și modelului experimental al ansamblului și să se stabilească temperatura medie a metalului prin măsurarea gradienților de temperatură printre aripioare;

c) prin referiri la graficul menţionat şi aplicînd temperaturile medii, să se facă modificări la valorile originale ale transferului de căldură, la suprafaţă;

d) prin testări să se verifice eficacitatea sistemului de transfer al căldurii în respectivele condiţii de funcţionare.

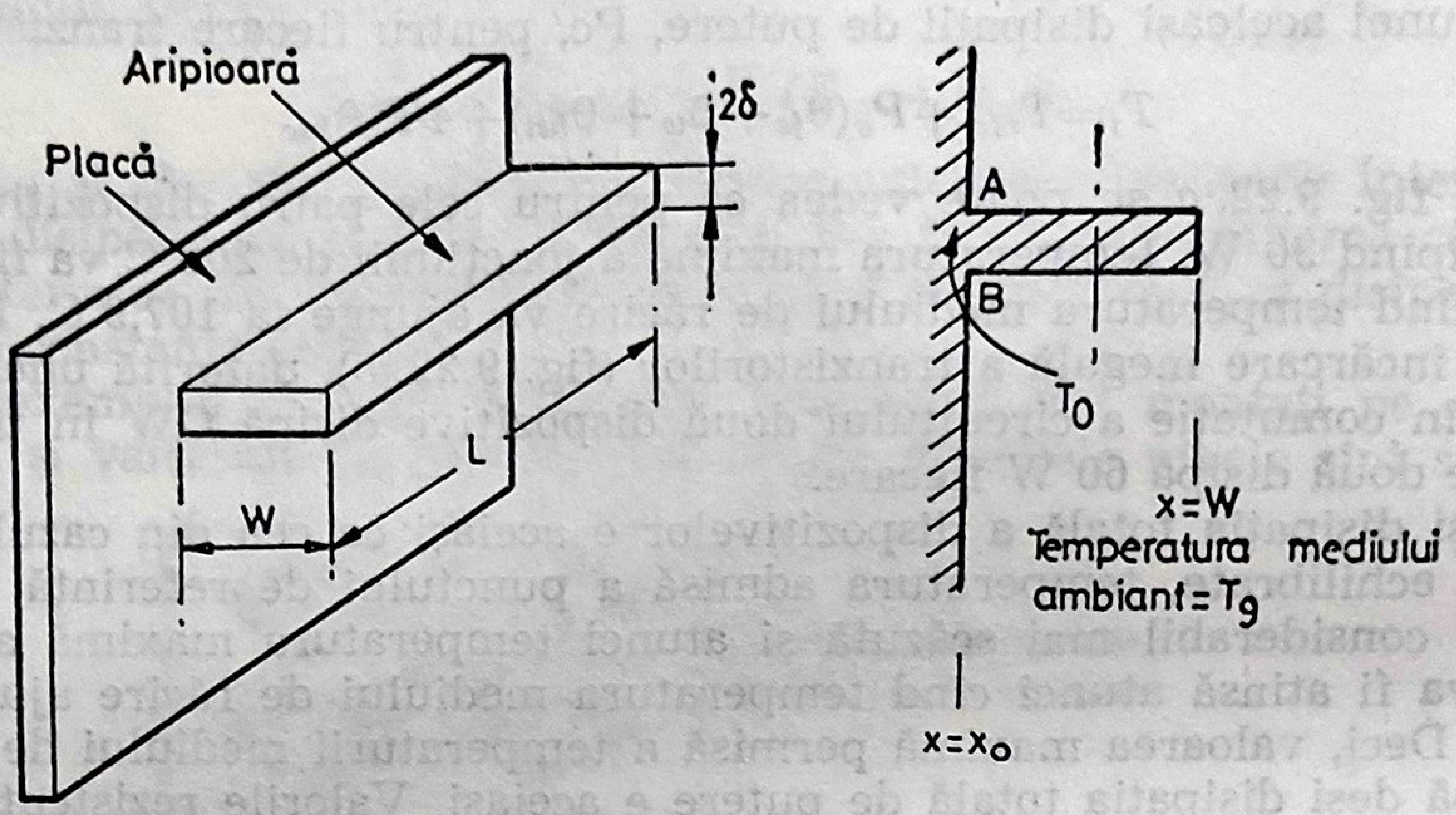


Fig. 9.23. Aripioară de disipaţie a căldurii.

Temperatura maximă admisibilă a plăcii e determinată de temperatura maximă a joncţiunii, de rezistenţa termică a dispozitivului semiconductor faţă de capsula sa şi rezistenţa termică a oricărei piuliţe.

Diferenţa de temperatură $\Delta T=(Tw-Tg)$ unde Tw este temperatura în punctul X de-a lungul lăţimii W,
iar Tg = temperatura mediului ambiant.

Se presupune că:

a) $\frac{W}{L}$, lăţimea împărţită cu lungimea, e mică şi nu există fluxul de căldură în direcţia L;

b) conductanţele pe unitatea de suprafaţă şi temperatura mediului ambiant Tg sînt uniforme;

c) aripioara este izotermă de-a lungul tuturor planurilor în L.

În condiţii de echilibru:

$$\frac{d^2\,\Delta T}{dx^2} - N^2\Delta T = 0$$

unde N=numărul de aripioare şi 2δ =grosimea aripioarei

$$N=\sqrt{\frac{h}{k\delta}} \tag{9.3}$$

unde K=conductivitatea termică a materialului şi

$$\Delta T=\Delta T_0 \text{ la } x=0$$

Rezultă

$$\frac{Kd\,\Delta T}{dx}=h\Delta T \text{ la } x=W \tag{9.4}$$

Soluția generală este:

$$\Delta T=Tw-Tg=C_1\,e^{-Nx}+C_2\,e^{-Nx}$$

unde C_1 și C_2 sînt cote arbitrare. Distribuția temperaturii va fi:

$$\frac{Tw-Tg}{To-Tg}=\frac{e^{Nw(x/W)}-\varphi\,e^{-Nw(x/w-2)}}{1-e^{2Nw}} \tag{9.5}$$

unde $\varphi=(h+Nk)/(h-Nk)$. Cum $q=-KAdT/dx$, căldura transmisă prin conducție la baza aripioarei prin unitatea de lungime este dată de

$$q_0=-K(2\delta)\times\frac{(dTw)}{(dx)_0}=2\delta\,KN\Delta T_0\,\frac{(\varphi e^{2NW}+1)}{(\varphi e^{2NW}-1)} \tag{9.6}$$

La această ecuație se poate concepe un program pe calculator pentru grosimi și lungimi date pentru a se obține variația puterii de ieșire funcție de diferite lățimi W ale aripioarelor (fig. 9.24). Dispunerea aripioarelor poate fi testată atunci prin teste practice.

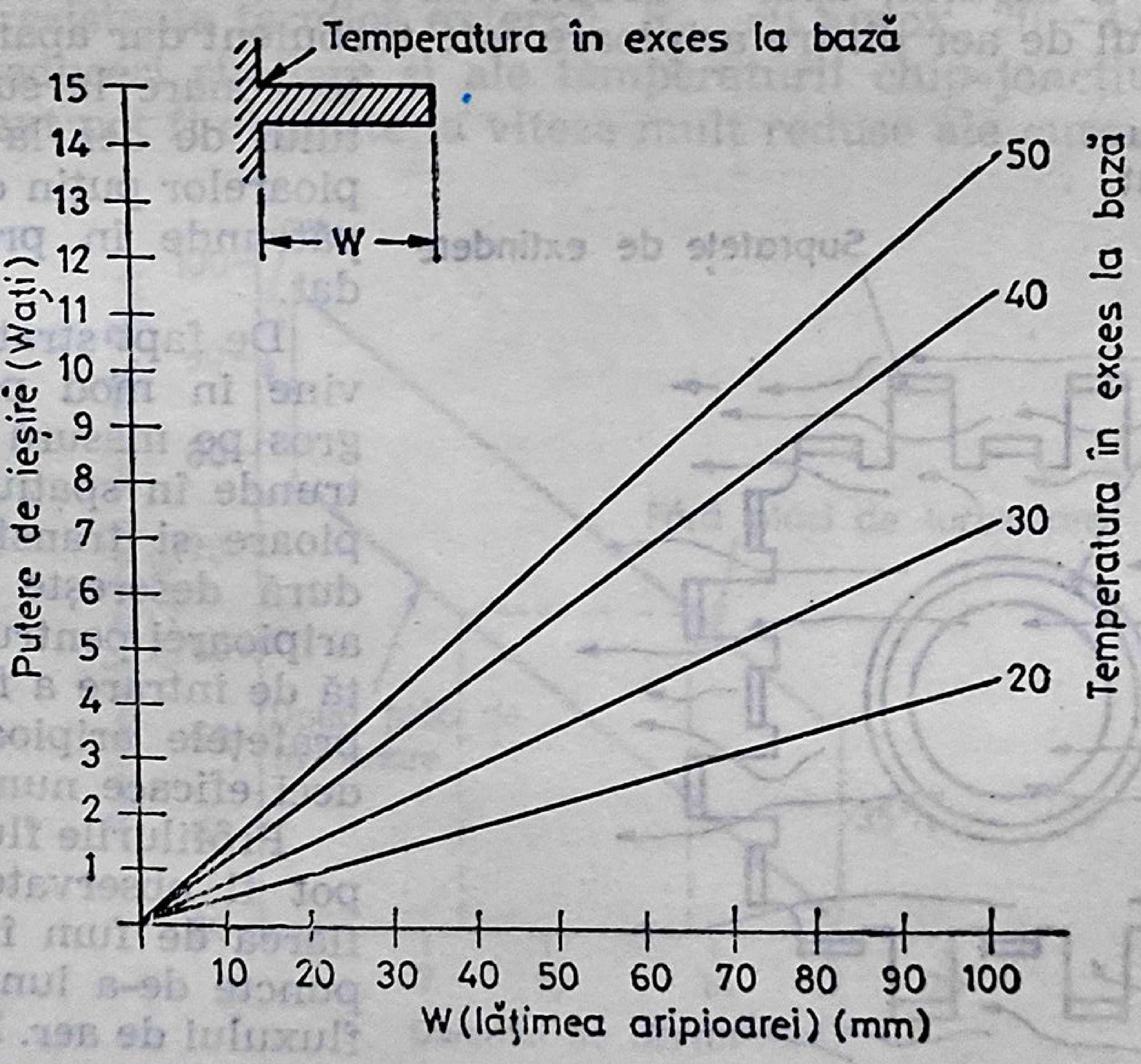


Fig. 9.24. Disipația termică pentru aripioare dreptunghiulare.

Convecția forțată

Crescînd viteza aerului peste o suprafață încălzită se reduce rezistența față de transferul de căldură a peliculei de aer. Oricum se ajunge la o limitare din punct de vedere economic atunci cînd puterea necesară menținerii unui flux crescut de aer va conduce în anumite condiții la valori mai mici ale transferului de căldură.

Eficacitatea răcirii forțate cu aer poate fi îmbunătățită prin realizarea unor suprafețe extinse sau aripioare peste care se trece direcționat fluxul de aer. Disipatoare de căldură tip „dinți pieptene“ (fig. 9.25) sînt eficiente pentru îmbunătățirea transferului de căldură căci poziționarea acestora produce în timpul răcirii forțate cu aer, o turbionare a aerului. Fluxul lateral de aer poate fi aplicat din orice direcție și cum el se lovește de disipatorii „dinți de pieptene“ el atinge multe porțiuni de suprafață în drumul său înapoi peste ansamblu.

Turbionarea aerului produce un strat care permite o îmbunătățire a disipației de căldură a ansamblului. Poate fi făcută o comparație între fluxul de aer turbulent și condițiile de producere ale fluxului de aer atunci cînd e aplicat în paralel de-a lungul unor aripioare extrudate paralele (fig. 9.26). Aerul intră în spațiul dintre aripioare dar datorită frecării mărite a aerului, apar evacuări mai rapide ale aerului dintre aripioare. Fluxul de aer dintre aripioare este turbulent dar apare o mică distorsionare la suprafața stratului de aer la capătul aripioarelor puțin după ce aerul pătrunde în profilul extrudat.

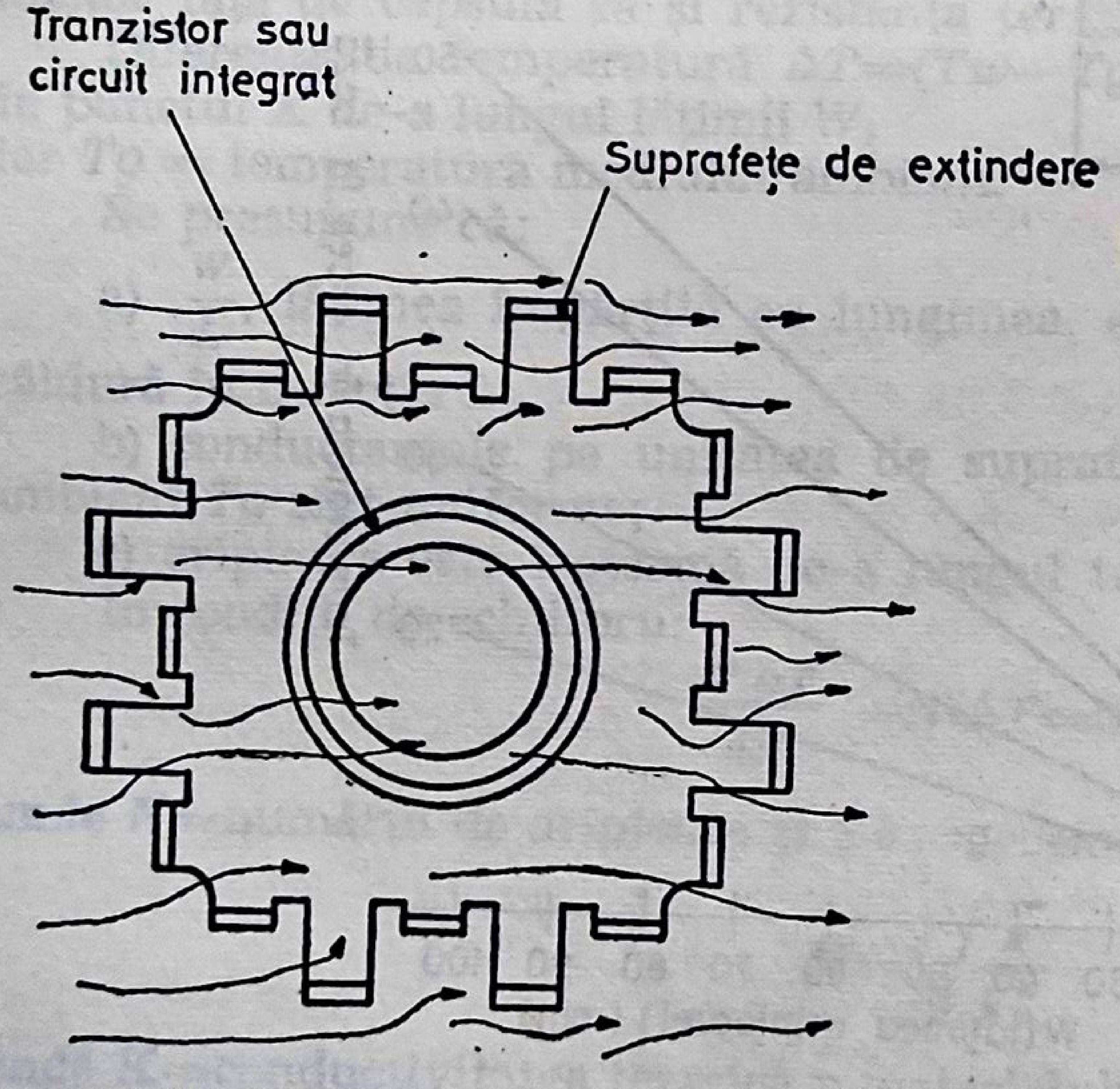


Fig. 9.25. Dispozitiv de disipație termică prin turbionare.

De fapt stratul de aer devine în mod progresiv mai gros pe măsură ce aerul pătrunde în spațiul dintre aripioare și transferul de căldură descrește de-a lungul aripioarei pentru o viteză dată de intrare a fluidului. Suprafețele aripioarelor vor fi deci eficace numai parțial.

Profilurile fluxului de aer pot fi observate prin insuflarea de fum în mai multe puncte de-a lungul traseului fluxului de aer. Dacă în orice punct există un mic fenomen de turbulență el va fi evidențiat printr-o concentrare a fumului în respectivul punct. Cînd sînt detectate asemenea suprafețe, turbulența aerului poate fi crescută prin introducerea unor factori de turbulență în fluxul de aer. Un astfel de factor de producere a turbulenței aerului este o placă metalică sau de plastic introdusă perpendicular pe circuitul de aer. Se obține astfel o gîtuire a curentului de aer, se obține astfel puterea cerută de ventilare.

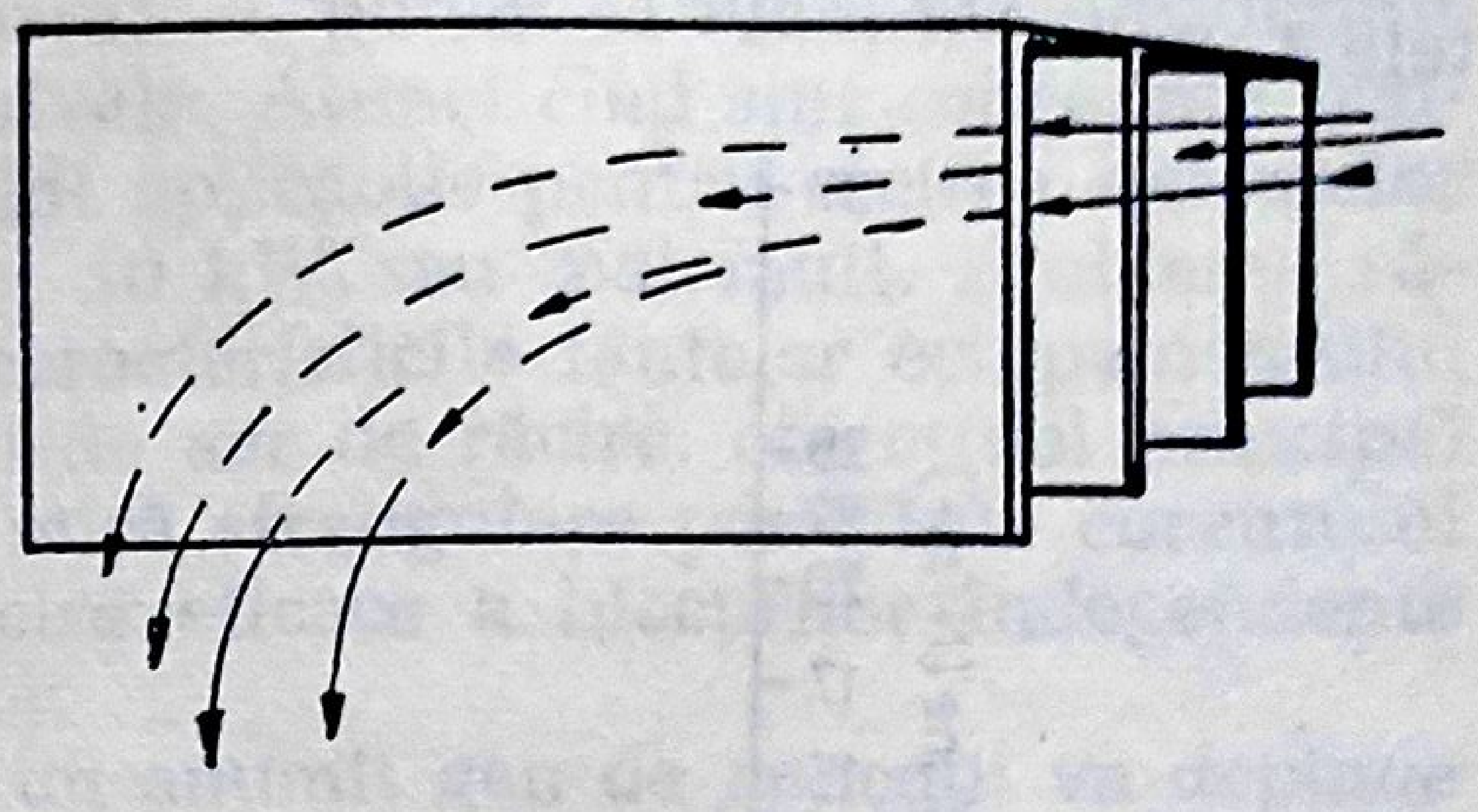


Fig. 9.26. Circulația aerului prin aripioarele radiatorului.

Oricum, acolo unde viteza fluxului de fluid e deja scăzută, cum e în cazul răcirii plachetei cu circuit imprimat, pierderea dat unor astfel de agenți turbulenți, care e funcție de V^2, poate fi nesemnificativă, în special acolo unde fluxul de aer e redus la $6{,}5 + 13{,}6$ m^3/oră.

Experimentările arată că factorii (elemenții) producători de turbulență reduc rezistența termică externă, R_{ext} cu aprox. $20 \div 35\%$ (fig. 9.27). Se produc reduceri similare și ale temperaturii chip-joncțiune. Aceleași valori ale Rext pot fi obținute la viteze mult reduse ale curentului de aer.

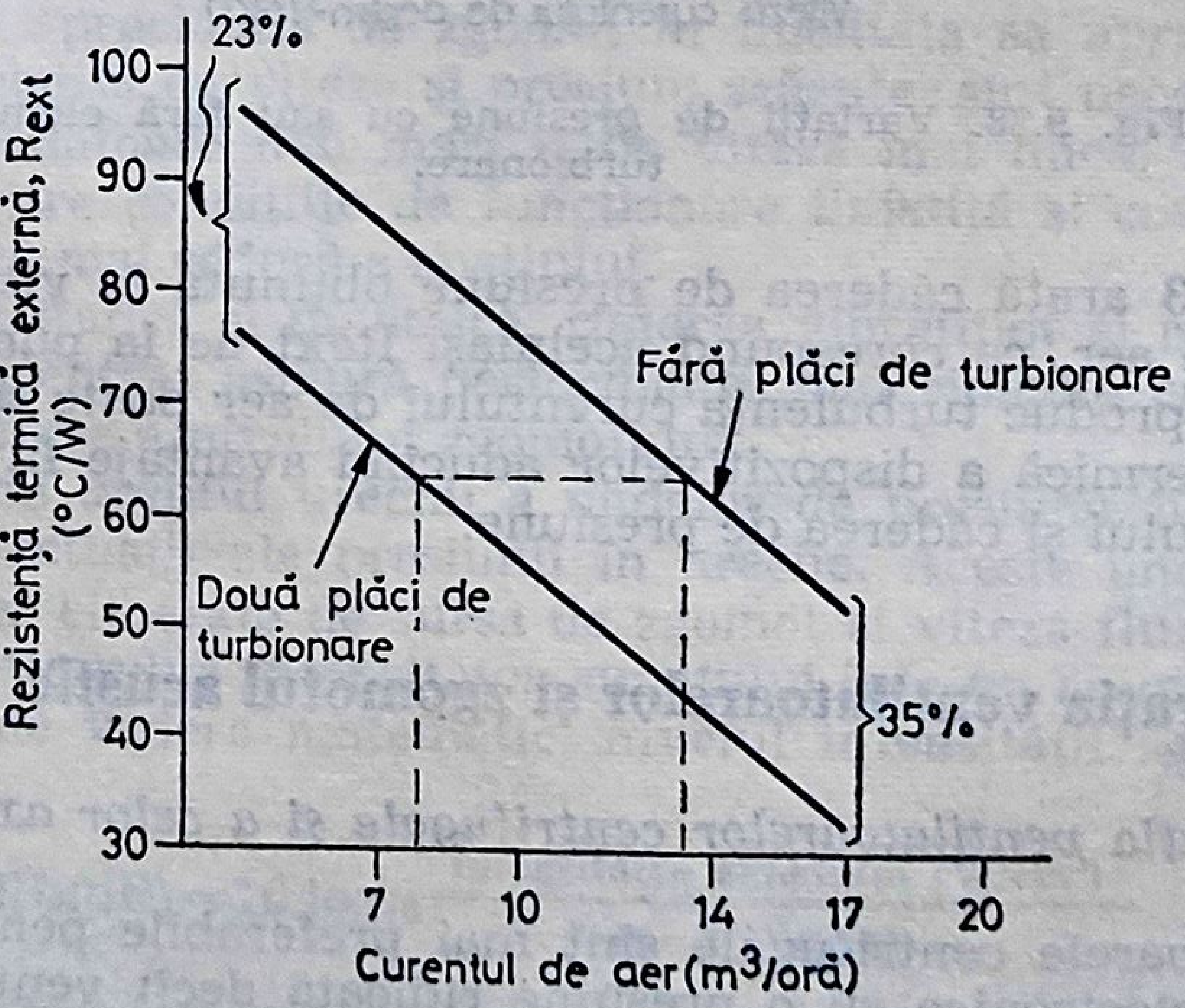


Fig. 9.27. Efectul circulației prin turbionare asupra rezistenței termice externe a dispozitivului.

Atunci se pot face reduceri ale dimensiunilor capsulelor și a ventilatoarelor.

Fig. 9.28 prezintă micșorarea presiunii cu și fără agenți turbulenți. La o viteză a curentului de aer de 13,6 m³/oră micșorarea adițională a presiunii provocate de agenții de turbulență e numai 7,47 N/m² (punctele 1, 2).

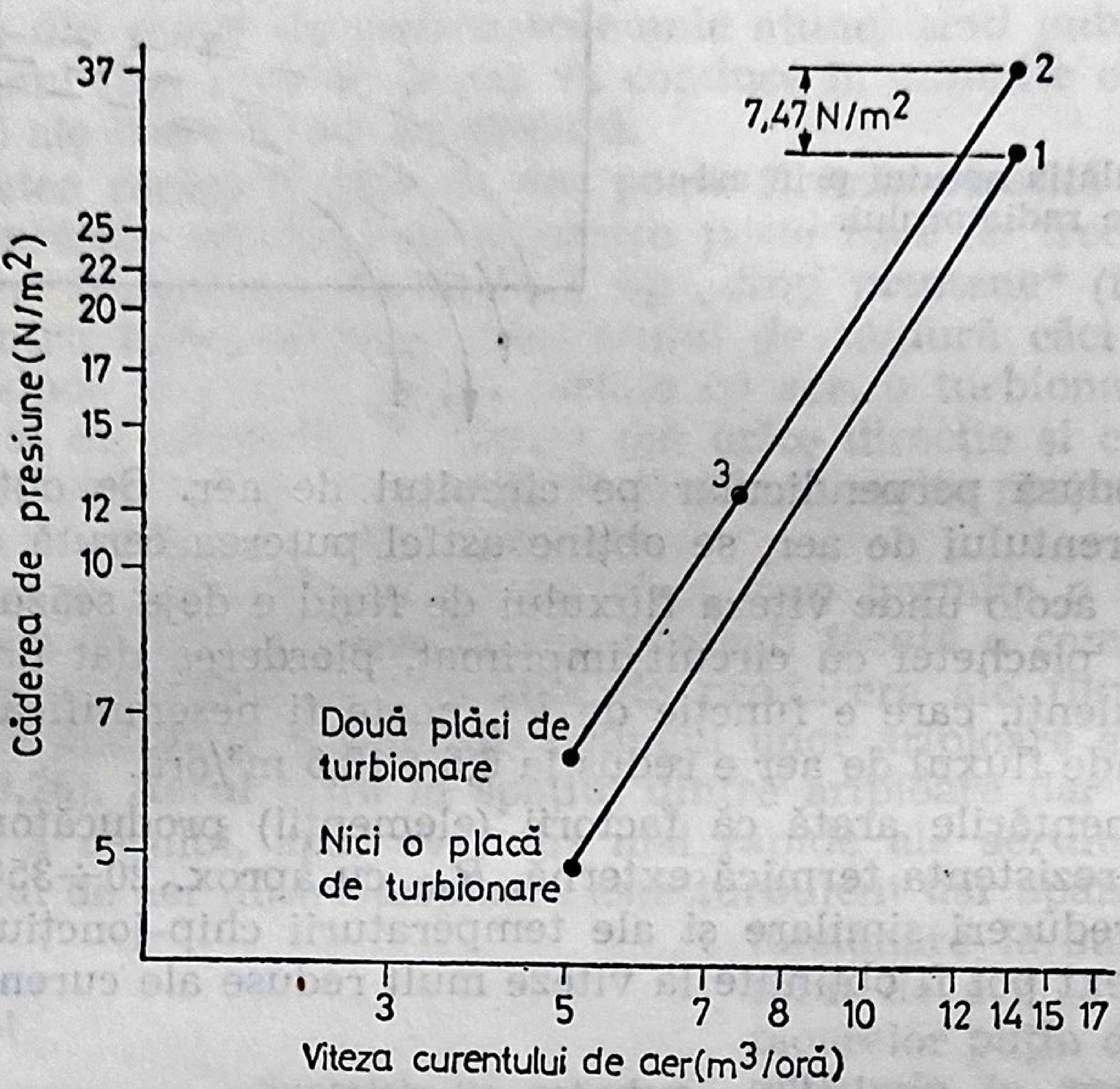


Fig. 9.28. Variații de presiune cu sau fără elemente turbionare.

Punctul 3 arată căderea de presiune obținută la viteze mai mici ale curentului de aer, ce corespund aceluiași Rext de la punctul 1. Deci dispozitivele ce produc turbulența curentului de aer poate să îmbunătățească proiectarea termică a dispozitivelor aducînd avantaje în ceea ce privește viteza curentului și căderea de presiune.

Comparația ventilatoarelor și zgomotul acustic

Comparația ventilatoarelor centrifugale și a celor axiale

Ventilatoarele centrifugale sînt mai preferabile pentru răcirea echipamentelor electronice cu o presiune ridicată decît ventilatoarele axiale, datorită proprietăților lor mai favorabile și a principiilor de funcționare. Ventilatoarele axiale sînt mai puțin de dorit a fi folosite datorită caracteristicilor lor de funcţionare precum şi a configuraţiilor complicate în mai multe nivele în care ar putea fi folosite pentru a produce aer cu o presiune ridicată. Ventilatoarele axiale într-un singur nivel sînt mai ieftine decît cele centrifugale, dar ele furnizează curenţi de aer cu presiune mai scăzută. Datorită eficienţei ridicate în funcţionare şi a capacităţii volumetrice ridicate la diametre comparabile, putem să luăm în consideraţie ventilatoarele axiale în mai multe nivele. Atunci cînd sînt concepute pentru consumuri mici de putere, ele sînt aplicabile pentru răcirea sistemelor mari, în special al celor care disipă 10 kW sau mai mult. Problema răcirii forţate cu aer este legată de caracteristicile fantelor echipamentului prin care trebuie să treacă curentul de aer de răcire, obiectivul principal fiind acela de a asigura, o cît mai mică strangulare posibilă a curentului de aer împreună totodată cu o răcire eficace a blocurilor independente ale ansamblului echipamentului.

Alegerea ventilatorului pentru un anumit gen de aplicaţii va depinde de modalitatea în care se vor pune de acord caracteristicile ansamblului electronic cu cel al unui ventilator.

Tipul ventilatorului ales pentru un anume gen de răcire va depinde de mai mulţi factori în plus faţă de caracteristica presiune-volum al curentului de aer şi anume eficienţa, viteza, sistemul de injecţie al aerului, zgomotul.

Zgomotul acustic

Zgomotul este un factor important în selectarea, alegerea unui ventilator pentru un anumit gen de aplicaţie. Un ventilator funcţionînd cu o viteză mare şi asigurînd o presiune statică mai mare de 500 N/m^2, produce o cantitate apreciabilă de zgomot în imediata sa apropiere. Pentru o funcţionare liniştită cu viteze şi presiuni scăzute, sînt necesare conducte mai largi şi ventilatoare mai mari şi de viteză mai mică. Poate fi făcut un compromis între condiţiile de funcţionare liniştită şi costuri mai ridicate cu o utilizare mai redusă a spaţiului.

Echilibrarea statică şi dinamică, izolarea vibraţiilor şi realizarea unui flux cît mai concentrat asigură performanţe mai ridicate cu vibraţii mai mici şi cu o reducere a nivelului zgomotului.

Trecerea prin dreptul urechii a undelor de presiune cu viteza sunetului produce fluctuaţii ale presiunii în ureche. Aceste unde sînt purtătoare ale energiei eliberate de sursa de zgomot şi viteza fluxului de energie, în W/cm^2, determină intensitatea sunetului într-un anume punct.

Din punct de vedere matematic, nivelul intensităţii zgomotului SIL e dat de:

$$\mathrm{SIL(dB)}=10\log_{10}\frac{\text{intensitatea sunetului }(\mathrm{W/cm^2})}{10^{-16}\ (\mathrm{W/cm^2})} \tag{9.7}$$

Un alt concept este acela al puterii sunetului, definită ca viteza cu care sunetul trece de-a lungul unei conducte, sau cu care e evacuat dintr-un echipament electronic şi este difuzat în imediatele vecinătăţi. Ea e dată de:

$$\mathrm{SWL(DBp)}=10\log_{10}\frac{\text{puterea sunetului (W)}}{10^{-12}\ \mathrm{W}}$$

unde dBp este decibel pico $W=10^{-12}$ W.

Puterea sunetului produs de un ventilator creşte odată cu viteza şi e proporţională cu caii putere de frînare pentru un anume tip de ventilator. Puterea sunetului variază ca (viteză de vîrf)$^{n+3}$ unde $n=2\div3$. Deşi un ventilator centrifugal va produce o putere a sunetului mult mai mare decît un ventilator axial cu aceeaşi putere şi viteza de vîrf, tipul centrifugal va dezvolta o presiune mai ridicată. Comparaţia trebuie făcută pentru vitezele egale şi presiuni egale ale aerului.

Fenomenul de distragere a atenţiei şi de plictiseală, produse de zgomot, nu corespund în întregime nivelului de zgomot generat.

Cum zgomotul are şi o componenţă aleatorie a frecvenţei, el nu constă din tonuri pure şi deci nu e uşor de recunoscut.

O modalitate practică experimentală este de a filtra benzi succesive de frecvenţe şi să se stabilească energia totală a sunetului prezentă în fiecare bandă. Pentru zgomotul ventilatoarelor, octavele ce acoperă un domeniu de frecvenţă sînt suficiente.

Diferite octave generate de echipament pot fi acceptate şi diferite nivele ale puterii sunetului şi ele pot fi mai ridicate sau mai scăzute decît nivelul acceptat pentru sunetul de fond. Zgomotul de înaltă frecvenţă produce distragerea atenţiei mai mult decît cel de joasă frecvenţă cum e cazul zgomotelor intermitente şi puternice exemplu pocnete, huruieli, scîrţieturi ce pot deveni plictisitoare, la nivele mult mai joase decît zgomotele constante.

Nivelul de zgomot acceptabil pentru o anumită piesă a echipamentului va depinde de funcţia pe care o are de executat în cadrul sistemului electronic de prelucrare a datelor. De exemplu într-o încăpere ce conţine echipamente de pregătire primară la care principalele sarcini sînt cele de întreţinere şi verificare a unităţilor electronice, nivelele de zgomot de fond de 70 dB pot fi considerate satisfăcătoare. Dacă echipamentul urmează a fi instalat în încăperea operaţională în care operatorilor li se cere luarea unor anumite decizii de a obţine şi transmite date, sînt necesare nivele ale zgomotului de fond nu mai mari de 40 dB. Problema obţinerii unui mediu ambiant satisfăcător pentru personalul de deservire în camera calculatorului sau a sistemului este cu mult mai grea în cazul unui sistem compact, mobil, montat pe un vehicol. Într-un sistem mobil datorită limitărilor numărului de incinte ce pot să se asigure, dulapurile ce conţin ventilatoarele şi schimbătorii de căldură pot fi plasate în cabina operaţională. În plus dispozitivele ce realizează aerul condiţionat vor fi în imediata apropiere a personalului operator. Din aceste motive nivele de zgomot mai ridicate nu pot fi acceptate.

Tehnicile de răcire cu lichid şi conducte termice

Tehnicile de răcire cu lichid pot deveni din ce în ce mai importante pe măsură ce creşte viteza circuitelor, disiparea de putere şi pe măsură ce creşte densitatea circuitelor asamblate în cadrul capsulelor circuitelor integrate. Atît scufundarea directă a chip-ului cît şi răcirea indirectă a dispozitivului urmează a fi luate în consideraţie.

Tehnicile de răcire cu lichide

Se pot folosi pentru acesta mai multe metode:

a) scufundarea directă în lichid;

b) scufundarea directă în lichidul de răcire cu o circulaţie forţată a acestuia realizată cu ajutorul unei pompe;

c) răcirea indirectă cu lichid de exemplu aşa cum e cazul subansamblelor electronice fixate de plăci reci printre care se pompează lichidul de răcire;

d) răcirea directă prin împrăştierea lichidului metodă în care lichidul de răcire e pompat la joasă presiune într-o conductă prevăzută cu fante de împrăştiere a lichidului, pentru a acoperi ansamblurile electronice cu o peliculă continuă de lichid.

Răcire indirectă cu lichid

Cînd se cere ca echipamentul electronic să lucreze în mediu cu temperaturi înalte sau cînd sursa de lichid de răcire este undeva la distanţă de echipament şi el nu poate fi scufundat în lichid, atunci răcirea poate fi realizată printr-un sistem de răcire forţată cu lichid. Această metodă de răcire ce foloseşte apă proaspătă, se aplică în special la sistemele de pe bordul vaselor.

O metodă de răcire indirectă poate să conţină un sistem integral de răcire în buclă închisă în care un lichid (exemplu ulei subţire de turbină) este pompat printre plăci şi containere cu plachete înainte de a trece printr-un schimbător de căldură lichid-aer în care lichidul e răcit înainte de a fi recirculat.

În scopul reducerii cuplului de plecare al pompei şi pentru a minimiza puterea de intrare a pompei trebuie proiectat un dispozitiv de etanşare atît pentru pompă cît şi pentru motorul ei.

Sînt necesare teste asupra prototipului pentru a măsura căderea de presiune pentru diferite vîscozităţi ale lichidului de răcire ce corespund la diferite domenii de temperatură de funcţionare specificate pentru echipament. Rezultatele pot fi concretizate într-un grafic de variaţie a presiunii/flux lichid (fig. 9.29), cu ajutorul cărora se poate estima performanțele pompelor sistemelor de răcire.

Pentru aceasta e necesar ca:

a) să se selecteze temperatura lichidului conform cu temperatura mediului ambiant specificată pentru echipament (în exemplul din fig. 9.29 domeniul de temperatură este de —10°C la +50°C);

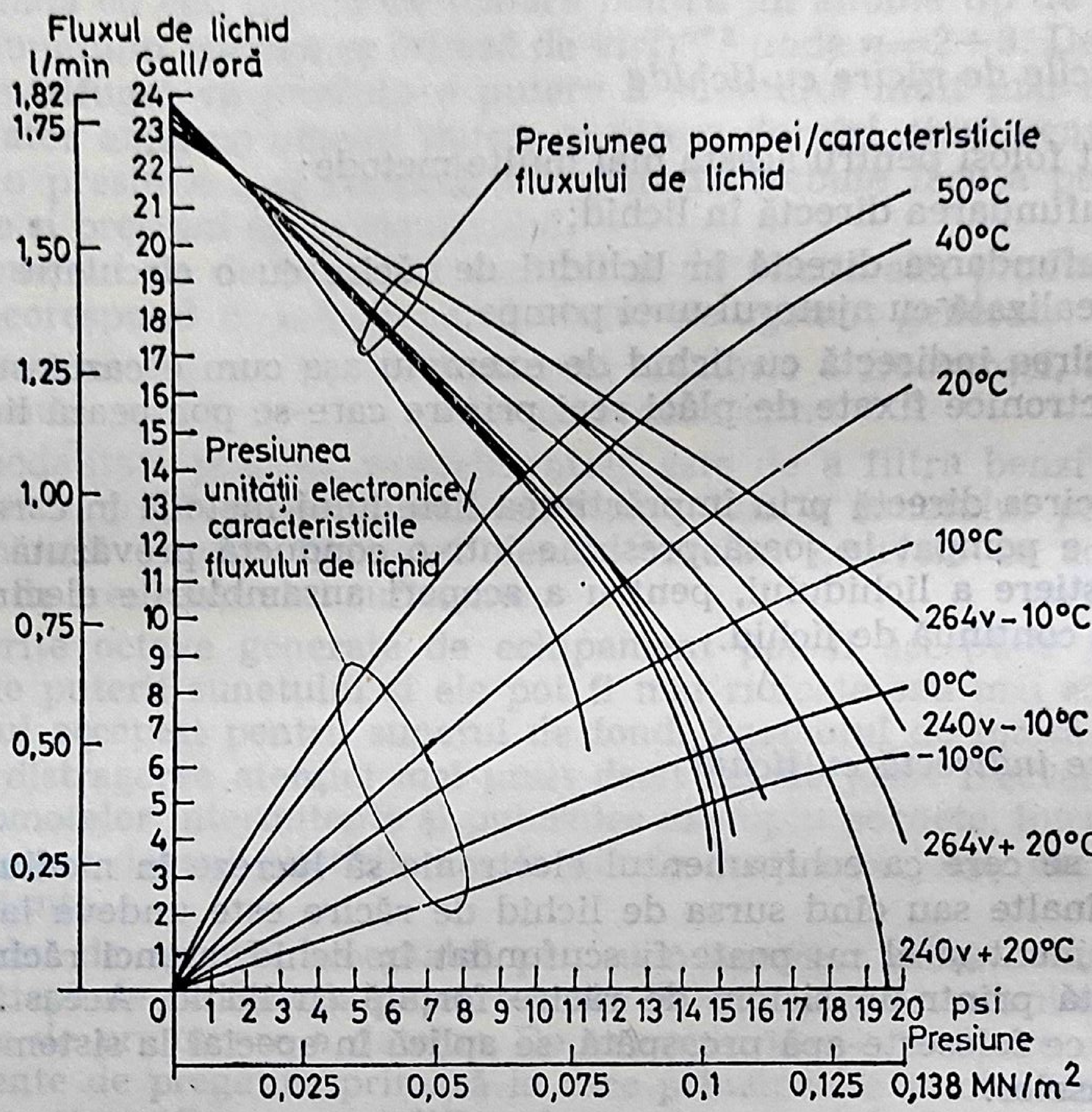


Fig. 9.29. Caracteristicile fluxului de aer pentru pompe și dispozitivul electronic aferent.

b) să se selecteze condițiile de tensiune cu deviația specifică de la tensiunea normală de alimentare (240 V±10%);

c) să se examineze curba de variație a presiunii funcție de caracteristicile fluxului prin dispozitivul electronic (la temperatura de la punctul a);

d) să se examineze curba presiune/flux pentru pompă la aceiași temperatură și la tensiune selectată la punctul b).

Acolo unde cele două curbe se intersectează se poate determina valoarea precisă a presiunii/flux prin dispozitiv în condițiile selectate.

Răcirea cu lichid dielectric

Folosirea lichidelor fluorochimice permite să se aducă îmbunătăţiri în încapsularea surselor de înaltă tensiune şi a amplificatoarelor liniare pentru echipamentele de transmisie la înaltă frecvenţă. Excelentele proprietăţi izolatoare din punct de vedere electric, inerţia chimică, punctul de fierbere scăzut al acestor lichide au permis să se facă mari reduceri atît în greutatea cît şi volumul echipamentului.

Lichidele folosite pentru răcirea directă a echipamentului electric trebuie să aibă proprietăţile electrice acceptabile, un bun coeficient de transfer al căldurii şi trebuie să fie compatibile cu materialele folosite şi construcţia dispozitivului ce urmează a fi răcit şi a subansamblului ce conţine lichidul de răcire.

Comparaţiile între diverse asemenea lichide au arătat că fluorocarbonul respectă toate cerinţele unui lichid ideal de răcire. Folosirea fluocarbonului lichid permite o disipare a căldurii de aprox. 15 W/cm^2 de valoare comparabilă cu cea a unei substanţe de răcire prin evaporare (fig. 9.30).

În fig. 9.31 este prezentat un container pentru răcirea cu lichid dielectric a circuitelor electronice realizate cu circuite integrate, în care un număr de blocuri (MPSU) mici modulare cu un panou frontal de etanşeizare şi aripioare montate la exterior în vederea disipării căldurii, sînt fixate în interiorul unei incinte (cutii). Aerul atras în partea frontală a ansamblului de către unul sau mai multe ventilatoare centrifugale e trecut printre aripioarele şi deflectorii de turbionare al incintei exterioare în

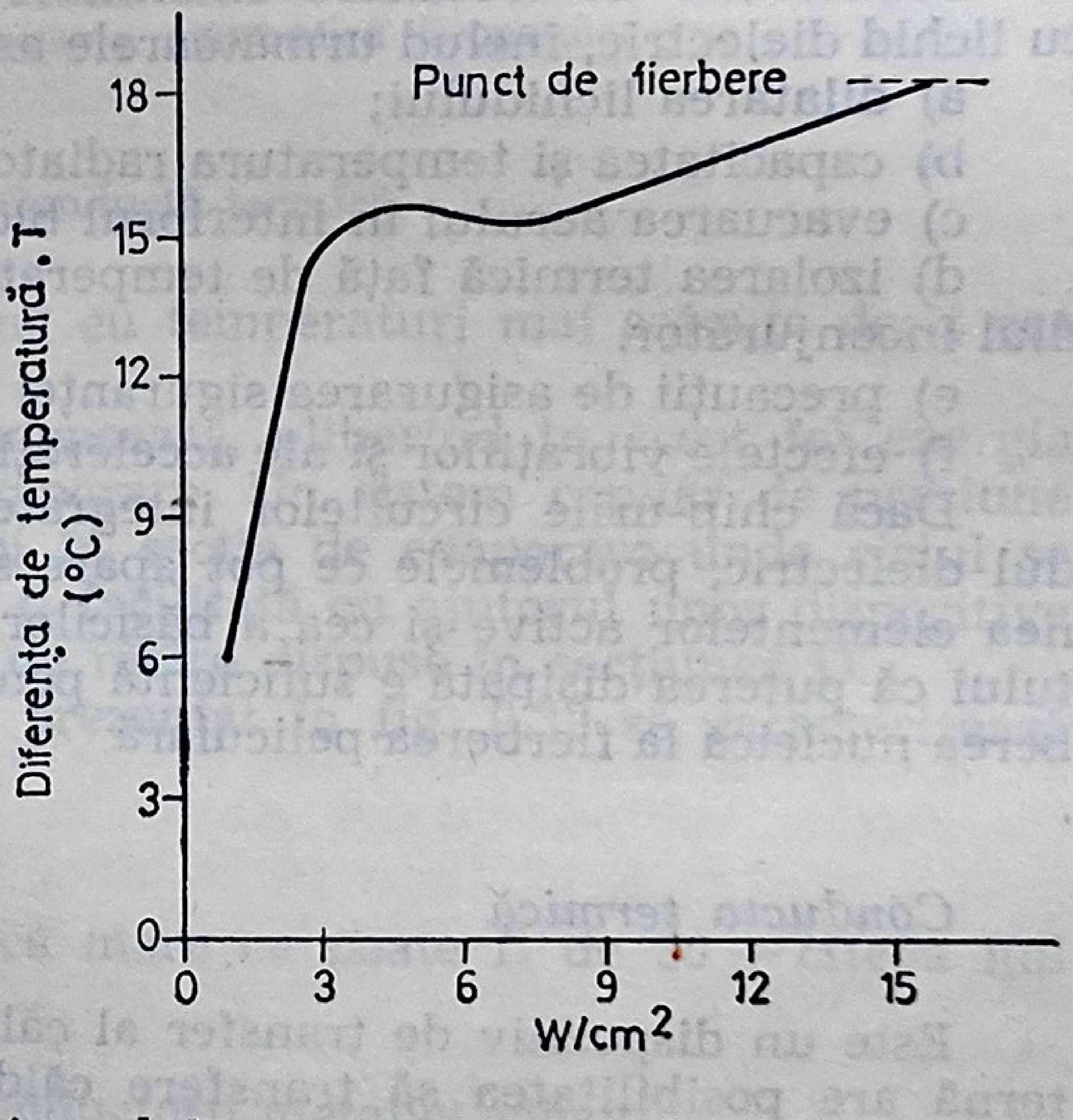


Fig. 9.30. Transferul de fierbere.

încăpere. Cutia este ataşată într-un sertar de 453 mm ceea ce face posibilă ca 7 MPSU-ri de 50 mm lăţime să fie montate pe lăţimea cutiei exterioare.

Trebuie evidenţiat faptul că metoda de răcire directă cu lichid în blocuri etanşe, necesită o politică de întreţinere de genul „reîntoarcere la producător“, în locul unei întreţineri pe locul unde se află echipament.

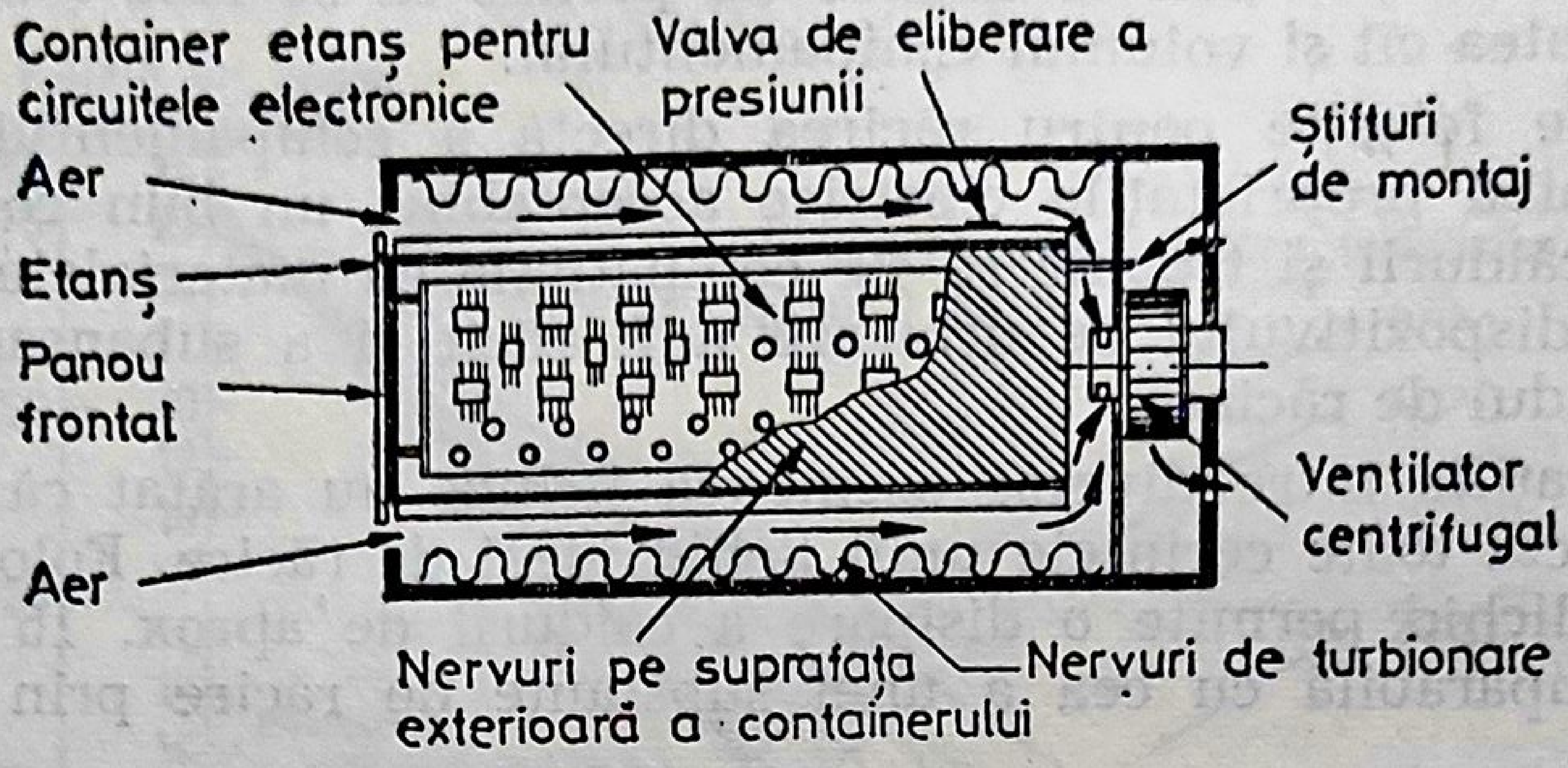

Container etanş pentru circuitele electronice
Valva de eliberare a presiunii
Ştifturi de montaj
Aer
Etanş
Panou frontal
Ventilator centrifugal
Aer
Nervuri pe suprafaţa exterioară a containerului
Nervuri de turbionare

Fig. 9.31. Secţiune prin container cu lichid dielectric.

Problemele ce trebuiesc examinate atunci cînd se foloseşte răcirea cu lichid dielectric, includ următoarele aspecte:

a) dilatarea lichidului;
b) capacitatea şi temperatura radiatorului final;
c) evacuarea aerului în interiorul blocului etanş;
d) izolarea termică faţă de temperaturile ridicate ale aerului din mediul înconjurător.
e) precauţii de asigurarea siguranţei în funcţionare;
f) efectele vibraţiilor şi ale acceleraţiilor.

Dacă chip-urile circuitelor integrate sînt în contact direct cu lichidul dielectric, problemele ce pot apare se datoresc faptului că dimensiunea elementelor active şi cea a băşicilor de vapori sînt similare sau faptului că puterea disipată e suficientă pentru a provoca trecerea de la fierberea nucleică la fierberea peliculară.

Conducta termică

Este un dispozitiv de transfer al căldurii care prin construcţia sa internă are posibilitatea să transfere căldura prin conducţie, cu mari viteze. O diagramă semnificativă a acestui dispozitiv este prezentată în fig. 9.32. El constă dintr-un tub lung şi îngust confecţionat din diferite materiale printre care cupru, nichel ceramic, oţel inoxidabil şi aliaje de molibden. O căptuşeală poroasă dintr-o ţesătură de fire metalice, fibre de sticlă sau plăci metalice perforate este menţinută pe peretele interior al tubului, şi pentru a satura această căptuşeală pot fi folosite diferite lichide de la apă pînă la metale lichide.

Ciclul de funcţionare este următorul:

Atunci cînd căldura apare în secţia „A", lichidul se evaporează şi vaporii sînt purtaţi în josul tubului prin „B" datorită diferenţei de presiune existentă la capetele tubului, provocată de excitaţia termică. În secţiunea „C" vaporii întîlnesc o zonă cu temperaturi mai scăzute decît cea a evaporatorului.

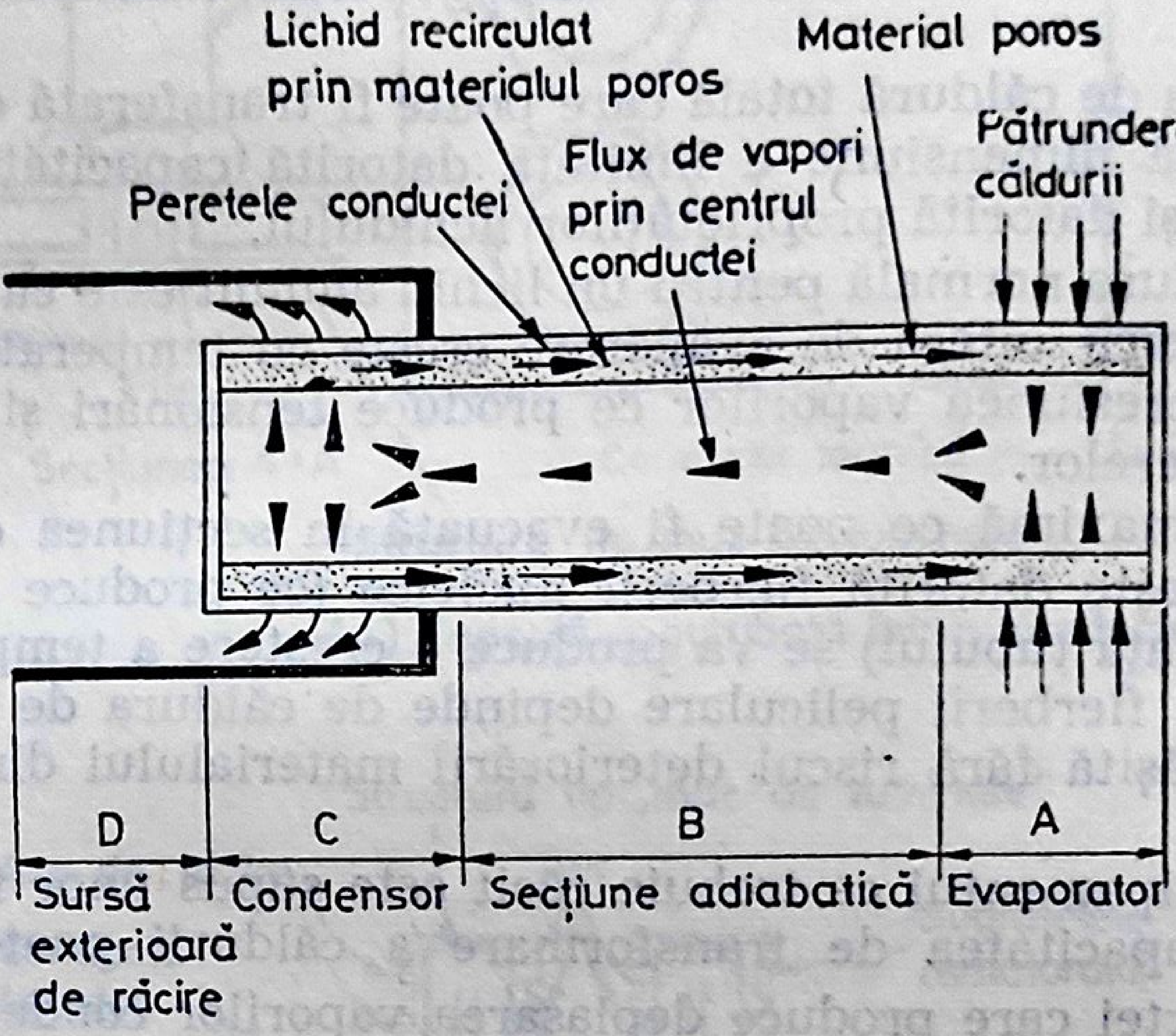

Lichid recirculat prin materialul poros
Material poros
Flux de vapori prin centrul conductei
Pătrunderea căldurii
Peretele conductei
D
C
B
A
Sursă exterioară de răcire
Condensor
Secţiune adiabatică
Evaporator

Fig. 9.32. Conductă termică.

În consecinţă vaporii se condensează, eliberînd în acest fel energia termică stocată în căldura de evaporare. Un sistem capilar de presiune întoarce lichidul condensat înapoi în secţia de evaporare unde ciclul se repetă. Extragerea căldurii poate fi facilitată cu ajutorul unor dispozitive suplimentare cum ar fi aripioare de răcire dispuse în secţiunea D.

Dispozitivele de genul celui prezentat în fig. 9.32 se caracterizează prin:

a) sînt simple în funcţionare;
b) nu au părţi în mişcare;
c) au o conductivitate termică mare ce poate fi de 30 ÷ cîteva mii mai mare decît cea cu cupru;
d) funcţionare silenţioasă;
e) uşoară în comparaţie cu conductorii metalici solizi;
f) pot fi adaptate la o gamă largă de temperaturi;
g) au o capabilitate de transfer a căldurii din şi în tub prin radiaţie, convecţie sau conducţie.

Folosirea acestui echipament pentru funcţionare la o temperatură constantă necesită ataşarea unui rezervor la secţiunea de condensare.

Acest rezervor conţine un gaz necondensabil care tinde să limiteze temperatura conductei termice.

Factori de limitare

Funcţionarea conductei termice este guvernată de patru factori de limitare:

a) Cantitatea de căldură totală care poate fi transferată de un dispozitiv cu o anumită dimensiune e limitată datorită capacităţii de lucru a capsulii poroase şi datorită proprietăţilor lichidului.

b) Temperatura normală pentru un lichid anumit este ea însăşi o limitare, fiindcă întrucît viteza de evaporare creşte cu temperatura, creşte în mod similar şi presiunea vaporilor ce produce tensionări şi solicitări ale pereţilor containerelor.

c) Căldura maximă ce poate fi evacuată în secţiunea de evaporare. Dacă căldura creşte datorită fierberii nucleice (ce produce o peliculă de vapori pe suprafaţa tubului) se va produce o creştere a temperaturii. Momentul începerii fierberii peliculare depinde de căldura de la intrare, ce nu poate fi depăşită fără riscul deteriorării materialului din care e construit tubul.

d) Dacă echipamentul ce trebuie răcit este supus unor forţe de accelerare atunci capacitatea de transformare a căldurii poate fi afectată.

Mărimea forţei care produce deplasarea vaporilor condensaţi din secţiunile „C“ în „A“ va depinde de tensiunea superficială a lichidului, de unghiul de „umezire“ al suprafeţei şi de dimensiunea porilor capilarelor.

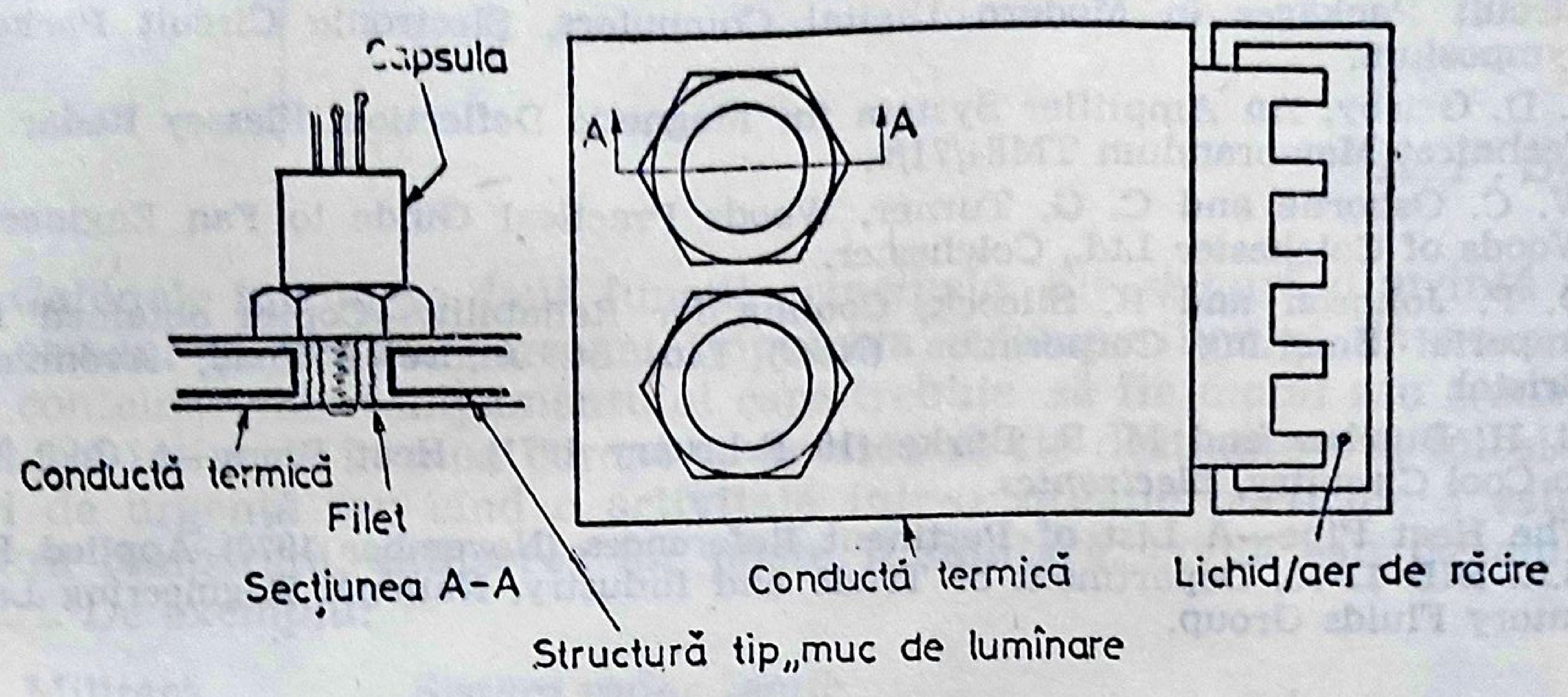
Capacitatea de transfer a căldurii poate fi redusă dacă conducta termică e supusă unor forţe în direcţie opusă căilor de întoarcere a vaporilor condensaţi.

Aplicaţiile în electronică

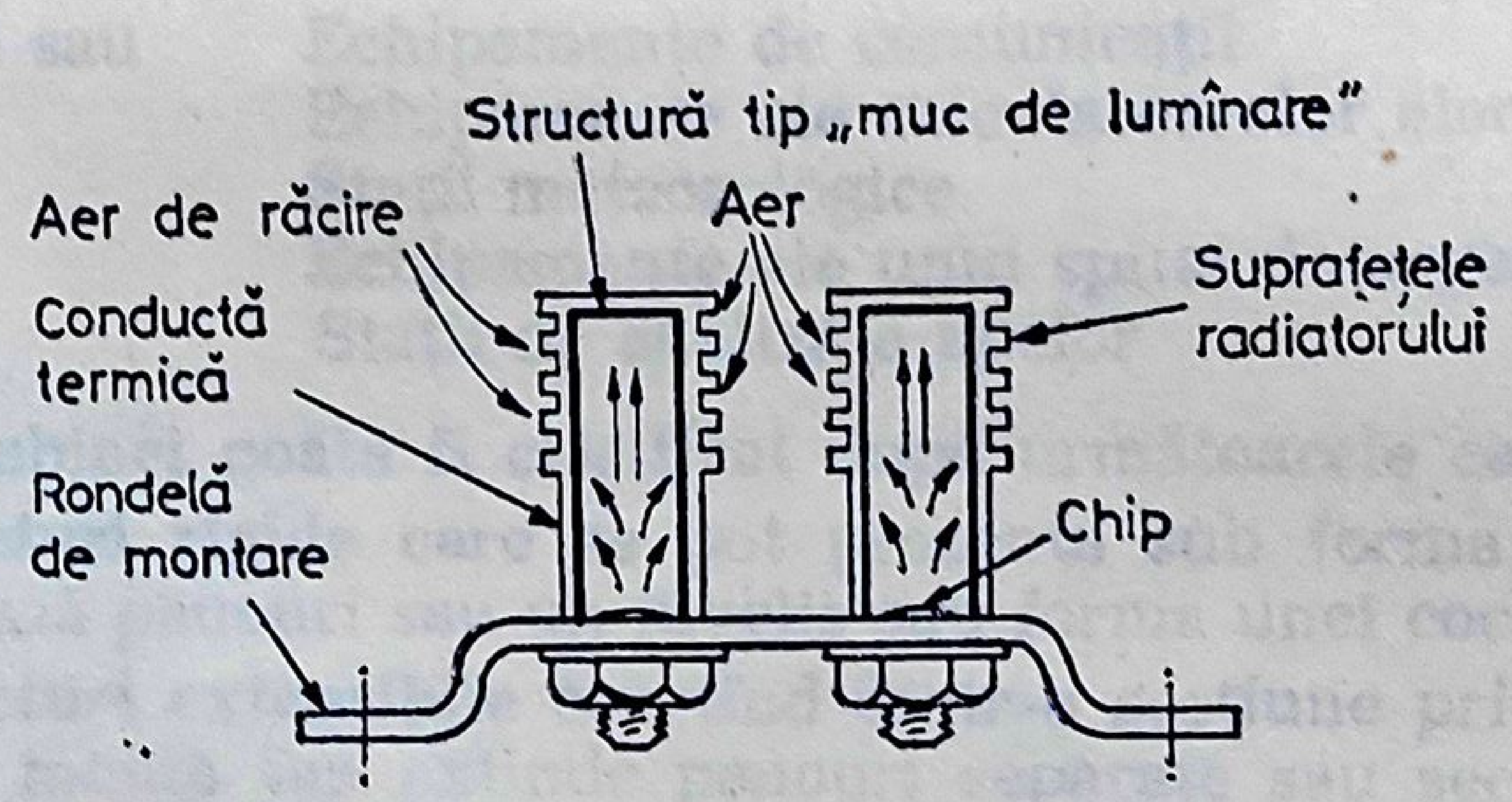
Conducta termică nu poate fi privită ca o facilitate suplimentară pentru răcirea echipamentului electronic, întrucît sistemul de transferare a căldurii trebuie să fie o parte integrantă a dispozitivului. Componentele şi circuitele electronice pot fi astfel montate încît căldura să fie dirijată direct în conducta termică. De exemplu tranzistorii de putere sau capsulele plate de circuite integrate pot fi fixate cu un şurub de o suprafaţă plată a conductei termice şi astfel e posibil să se formeze canale în conducte care să permită asemenea fixări. În acest fel conducta termică poate deveni un subansamblu electronic conectabil tip „plug-in“.

Alte metode de transfer a căldurii de la tranzistoare sau circuite integrate prezentate în fig. 9.33, *a*, prezintă două microcircuite TO63 înşurubate direct în nişte găuri prevăzute în conducta termică.

În fig. 9.33, *b* două chip-uri de tranzistori sînt montate în interiorul a unor mici conducte termice independente una de alta ce pot fi răcite din exterior printr-o circulaţie forţată a aerului.


Capsula
A
A
Conductă termică
Filet
Secţiunea A-A
Conductă termică
Lichid/aer de răcire
Structură tip„muc de lumînare

(a) Capsulă înşurubată într-o conductă termică plată


Structură tip „muc de lumînare"
Aer de răcire
Aer
Conductă termică
Suprafeţele radiatorului
Rondelă de montare
Chip

(b) Chip montat în interiorul conductei termice

Fig. 9.33. Conductă termică — aplicaţii electronice.

Bibliografie

1. 'Climatic, Shock and Vibration Testing of Services Equipment' (March 1965) Defence Specification DEF 133, HM Stationery Office.
2. 'Climatic and Durability Testing of Service Electronic Components' (August 1960) Defence Specification DEF 5011, HM Stationery Office.
3. 'General Requirements for Packaging Supplied for the Services', (May 1964) Defence Specification DEF 1234, HM Stationery Office.
4. W. E. Woodson (1960) *Human Engineering Guide*, University of California Press (Los Angeles), Cambridge University Press, London.
5. E. J. McCormick (1964) *Human Factors Engineering*, McGraw-Hill, London.

6. C. T. Morgan *et al.* (1963) *Human Engineering Guide to Equipment Design*, McGraw-Hill, London.
7. Hallam Sleigh and Cheston Ltd. South Road, Hickley, Birmirgham 19.
8. R. C. Chu *et al.* (1968) Thermal Considerations and Techniques for Electronic Circuit Packages in Modern Digital Computers, Electronic Circuit Packaging Symposium.
9. J. D. Grisby, An Amplifier System for Magnetic Deflection, Plessey Radar 1972, Technical Memorandum TM84/71/9.
10. W. C. Osborne and C. G. Turner, Woods Practical Guide to Fan Engineering, Woods of Colchester Ltd., Colchester.
11. D. P. Johnson and R. Silcock, Cooling for Reliability—Copies obtained from Imperial Smelting Corporation (NSC) Ltd, St. Andrews Road, Avonmouth, Bristol.
12. C. H. Dutcher and M. R. Burke (16 February 1971), Heat Pipes—A Cool Way to Cool Circuitry, *Electronics*.
13. The Heat Pipe—A List of Pertinent References (November 1970) Applied Heat S.R. BIB 11-70, Department of Trade and Industry, National Engineering Laboratory Fluids Group.

10

CABINE PENTRU ECHIPAMENTUL ELECTRONIC

R. P. Selby

Cabinele întrunesc două funcţii principale. Ele asigură o incintă pentru oameni şi pentru personal împotriva intemperiilor şi de asemenea sînt conteinere ale echipamentului care trebuie să fie mobil sau transportabil. Se întîmplă în mod curent ca acestea să fie destinate a fi folosite în stări de urgenţă sau cînd o activitate într-o situaţie particulară este de natură temporară; utilizarea lor poate fi militară, civilă sau de ambele tipuri. De exemplu:

Militară	Sistem radar tactic Comanda şi controlul armelor
Militară sau civilă	Echipamente de comunicaţii Echipamente ale calculatoarelor electronice Staţii meteorologice Echipamente ale unui spital de urgenţă Staţii de analiză a apelor

Tipul cabinei poate fi clasificat după următoarele categorii:

a) **structuri rigide** care se pot prezenta sub forma unei carcase pe care se fixează panouri sau un înveliş sub forma unei cochile formate.

b) **structuri extensibile** constînd dintr-o secţiune principală rigidă pe care se pot monta sau extinde panouri separate sau secţiuni telescopice. Figura 10.1 arată o cabină telescopică în poziţia extinsă, iar fig. 10.2 în poziţia închisă şi montată pe un mecanism de rulare pentru a-i asigura mobilitatea în tractare pe drum.

c) **structuri gonflabile** construite dintr-un material flexibil care se înalţă şi se menţine în această stare sau prin presiunea de aer din cabină sau printr-o presiune de aer în interiorul pereţilor structurii. Fig. 10.3 este un exemplu.

Detaliile referitoare la construcţiile de mai înainte sînt date mai departe în acest capitol.

Pe un amplasament operaţional se poate utiliza o combinaţie a diferitelor tipuri de cabine de exemplu grupuri de cabine rigide sau extensibile pot fi legate împreună prin elemente de acces gonflabile sau poate fi desfăşurată o combinaţie de cabine rigide şi gonflabile. În vederea transportului sînt limitări în ce priveşte mărimea şi greutatea care vor fi determinate de forma a mobilităţii cerute de ex. transportabile pe drum (cale ferată), apă, transportabile prin aer, ridicate cu elicopterul. În mod

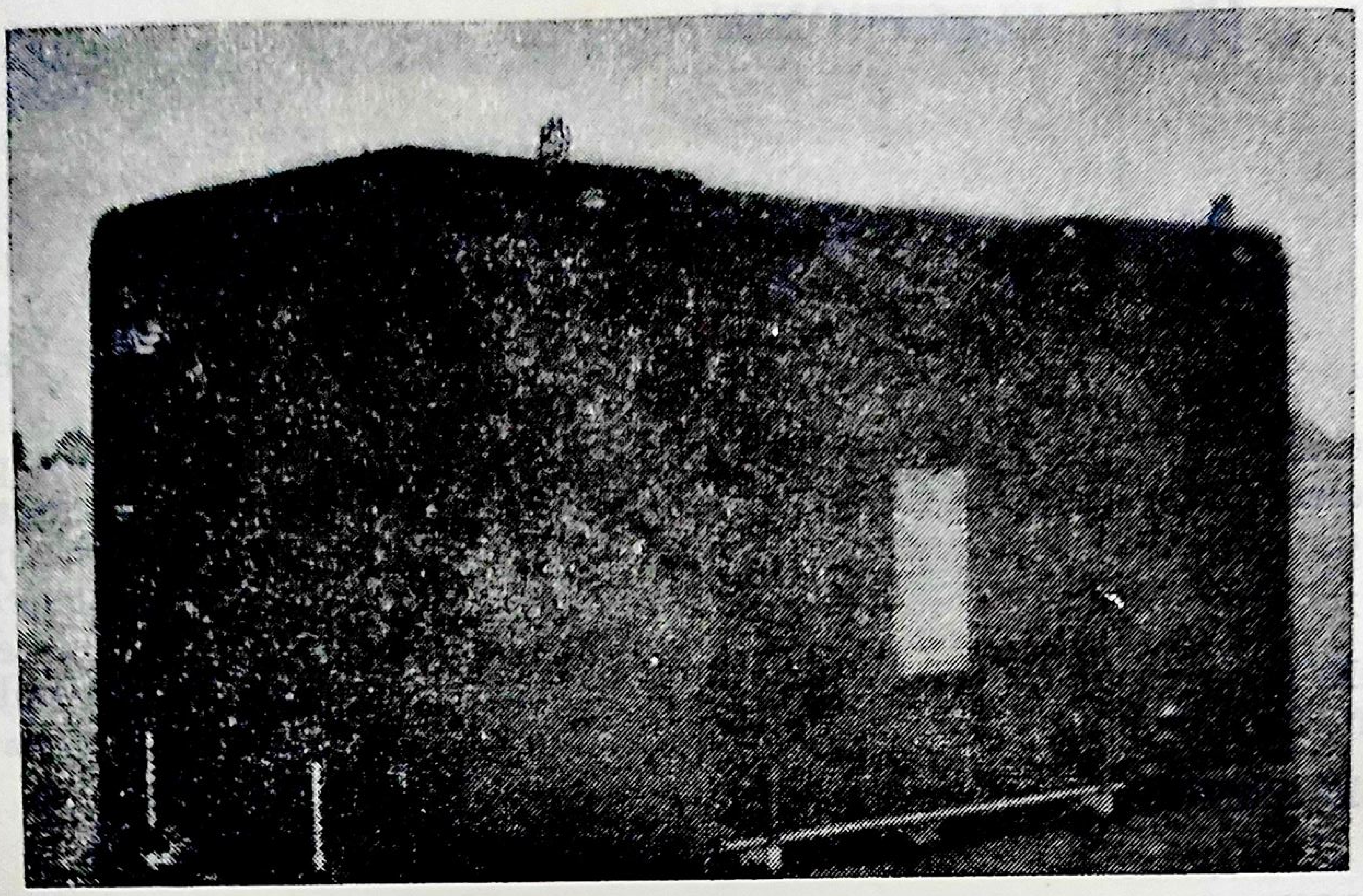


Fig. 10.1. O cabină telescopică în poziție extinsă și operațională.

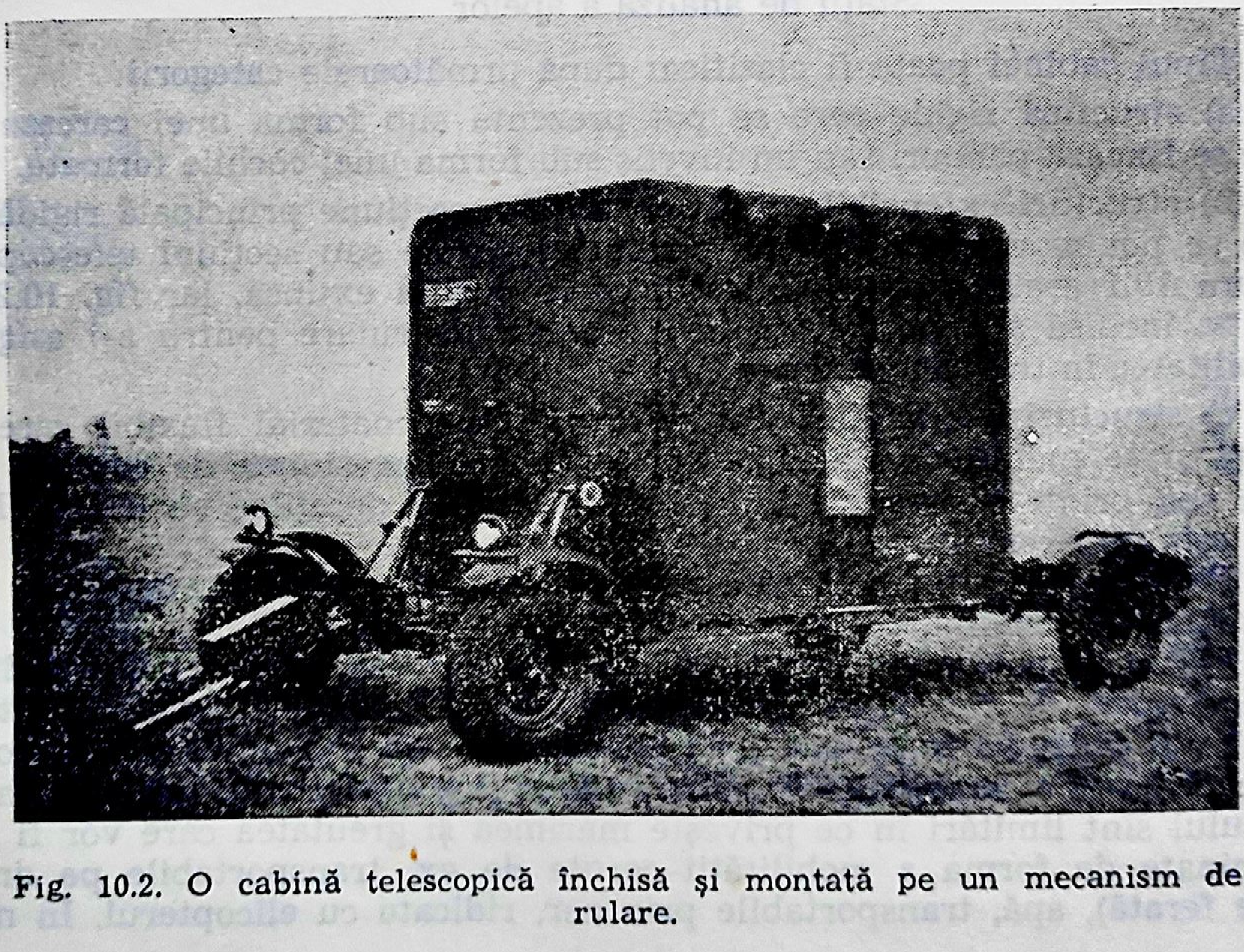


Fig. 10.2. O cabină telescopică închisă și montată pe un mecanism de rulare.

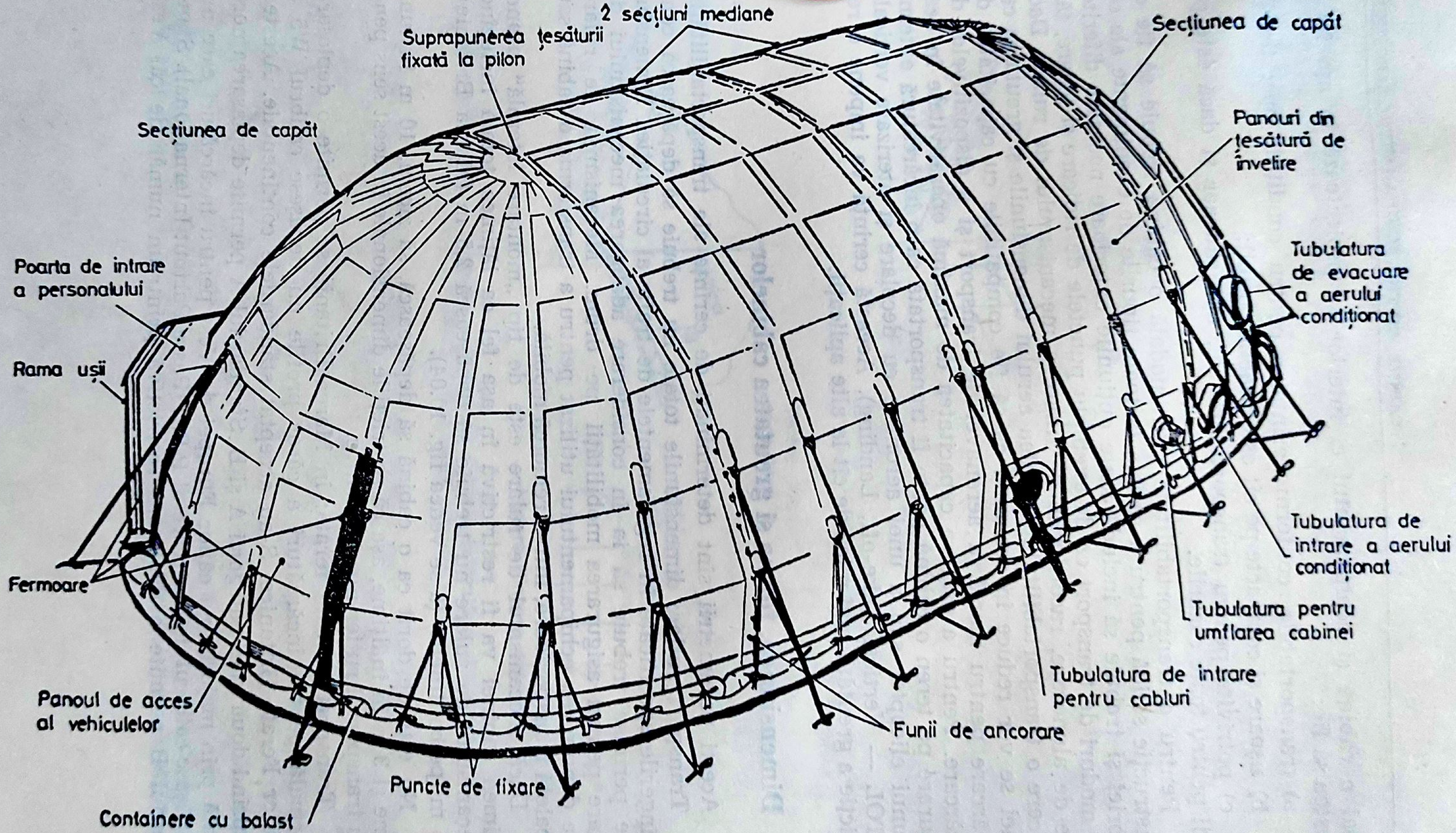

2 secţiuni mediane
Suprapunerea ţesăturii fixată la pilon
Secţiunea de capăt
Secţiunea de capăt
Panouri din ţesătură de învelire
Poarta de intrare a personalului
Rama uşii
Tubulatura de evacuare a aerului condiţionat
Tubulatura de intrare a aerului condiţionat
Fermoare
Tubulatura pentru umflarea cabinei
Tubulatura de intrare pentru cabluri
Panoul de acces al vehiculelor
Funii de ancorare
Puncte de fixare
Containere cu balast

Fig. 10.3. Cabină gonflabilă (M.L. Aviation Co).

ideal o cabină şi echipamentul ei interior se proiectează în aşa fel ca acestea să fie:

a) transportabile, conform cerinţelor pentru condiţiile operaţionale;

b) uşoare şi compacte pe cît este practic posibil;

c) potrivite pentru transportul pe sol, apă sau aer şi dacă este posibil pentru toate cazurile.

Pentru o transportabilitate multimodală o cabină trebuie să fie de construcţie solidă pentru a rezista la toate tipurile de evenimente ale călătoriei şi trebuie să includă toate opţiunile exterioare necesare diferitelor moduri de transport ca de exemplu punctele de ridicare şi legare, tălpile de alunecare, racordurile de fixare a mecanismului de rulare. Dacă se cere o transportabilitate pe calea aerului dimensiunile şi greutatea cabinei se vor reduce în aşa mod ca să fie compatibile cu capacitatea de încărcare pentru marfă a aeronavei de transport şi a dispozitivelor de încărcare. Pentru a asigura capacitatea de maximă operativitate în desfăşurare pe teren o cabină poate fi transportată ca o încărcătură externă a unui elicopter sau a unei aeronave cu decolare şi aterizare verticală (VTOL — Vertical Take-off, Landing). Această cerinţă va impune o restricţie a greutăţii mai mică de cît la alte aplicaţii.

Dimensiunea, forma şi greutatea cabinelor

Aceşti parametrii sînt determinaţi de cerinţe ale transportabilităţii.

Transport rutier: dimensiunile totale nu trebuie să depăşească constrîngerile specificate în regulamentele de trafic al circulaţiei. Dimensiunile permise trebuie să ia în considerare adăugarea mecanismului de rulare pentru asigurarea mobilităţii pe drum. Mecanismul de rulare este denumirea echipamentului utilizat pentru a transforma o cabină sau o paletă transportoare, într-o remorcă mobilă.

Dacă mecanismul de rulare este de tip „montare laterală“ atunci lăţimea cabinei va fi restrictivă în aşa fel ca lăţimea totală incluzînd mecanismul de rulare nu trebuie să depăşească 2,5 m (Marea Britanie), 2,5 m (pe continent) (a se vedea fig. 10.04).

Nu este de dorit ca o cabină să depăşească, să zicem, 10 m în lungime şi 3 m în înălţime, aşa că restricţiile dimensionale în acest sens pentru transportul rutier nu sînt critice.

Transport pe cale ferată: în Marea Britanie se permite o deplasare normală pentru încărcături a căror profile nu depăşesc calibrul W5 a Căilor Ferate Britanice. S-au acceptat standardele continentale. Acestea cuprind două mari categorii A şi B. Standardul A permite deplasarea normală prin majoritatea căilor Europei de Vest pentru încărcături care nu depăşesc calibrul de încărcare al P.P.I. (Passe Partout International). Standardul B permite o deplasare restrictivă printr-un număr de căi Vest

Europene cu condiția ca să nu fie depășit calibrul TZ (Transport Z) dar este corespunzător redusă cînd distanța dintre osii a vagoanelor depășește 7,2 m.

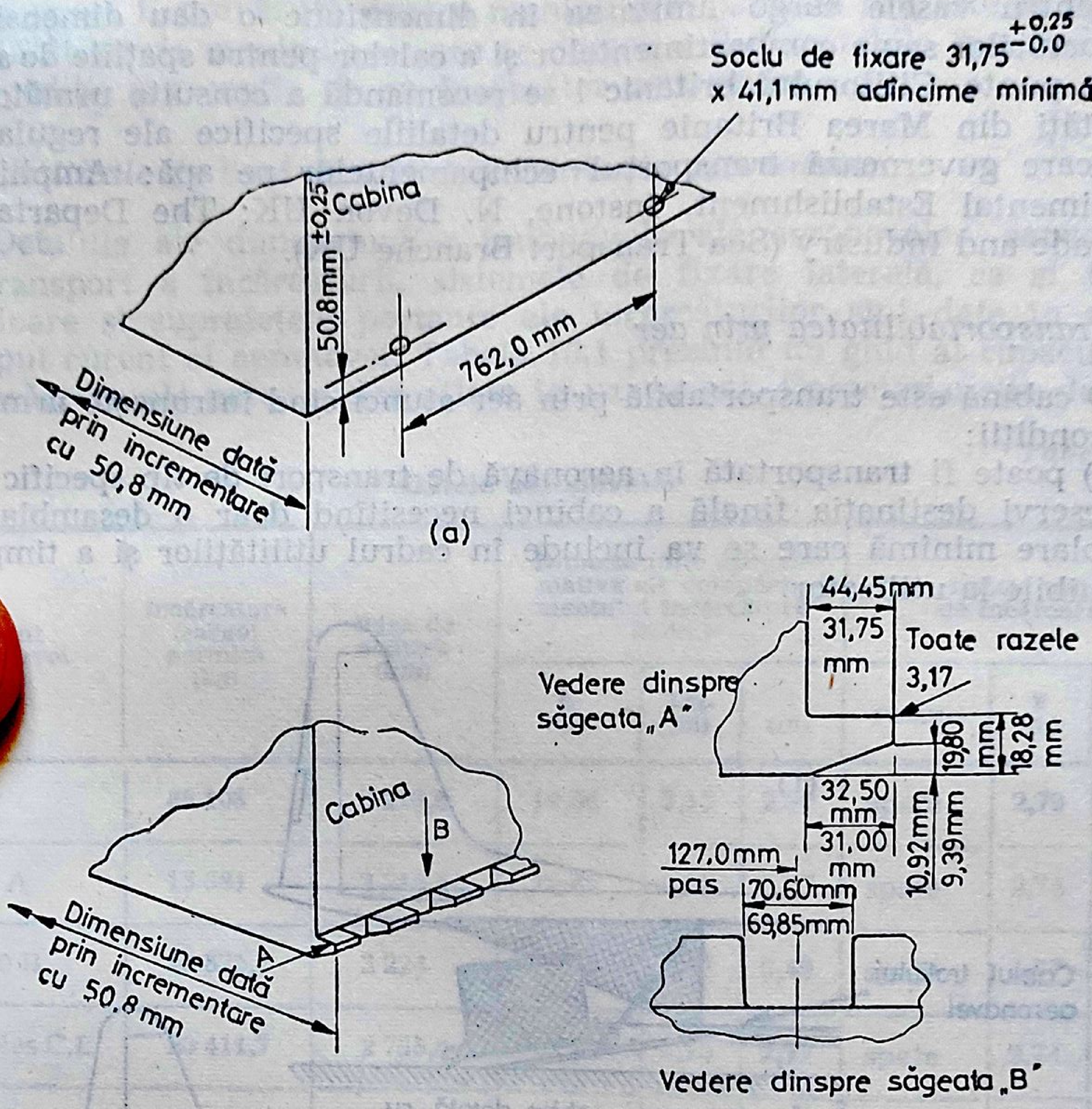

Soclu de fixare 31,75 +0,25 −0,0
x 41,1 mm adîncime minimă
Cabina
50,8mm ±0,25
762,0 mm
Dimensiune dată prin incrementare cu 50,8 mm
(a)
44,45mm
31,75 mm
Toate razele 3,17
Vedere dinspre săgeata „A"
19,80 mm
18,28 mm
32,50 mm
31,00 mm
127,0mm pas
70,60mm
69,85mm
10,92mm
9,39mm
Cabina
B
A
Dimensiune dată prin incrementare cu 50,8 mm
Vedere dinspre săgeata „B"

Fig. 10.4. a) Cerințe pentru sistemul de ghidare laterală, Britanic; b) Cerințe pentru sistemul de ghidare laterală — S.U.A.

Transport pe apă: limitele de greutate, lungime și înălțime a spațiilor de arienaj a navelor variază foarte mult depinzînd de clasa navei considerate. Nu este de dorit ca o cabină pentru un echipament electronic să depășească oricare dintre limitările de greutate pentru o deplasare logistica normală cu un vas sau o navă de debarcare. În cazul unei operații de transport amfibiu se poate ivi necesitatea debarcării cabinei de pe vas de pe o navă de debarcare sau un ponton, direct pe plajă atunci cînd înzestrările normale ale unui port nu sînt disponibile. Dacă sînt absente înzestrările potrivite ale portului și este necesară debarcarea încărcăturii (cargoului) vasului prin ridicare atunci capacitatea mecanismului de ridicare va limita greutatea cabinei. Vase cu bigă de încărcare aproximativ de 15 t. sînt uzuale dar unele vase au o bigă de încărcare limitată la 5 t.

Pentru vasele cargo limitarea în dimensiune o dau dimensiunile bacoporturilor sau a compartimentelor şi a calelor pentru spaţiile de arinaj de sub punte. Cititorului britanic i se recomandă a consulta următoarele autorităţi din Marea Britanie pentru detaliile specifice ale regulamentelor care guvernează transportul echipamentelor pe apă: Amphibious Experimental Establishment, Instone, N. Devon UK; The Departament for Trade and Industry (Sea Transport Branche UK).

Transportabilitatea prin aer

O cabină este transportabilă prin aer atunci cînd întruneşte următoarele condiţii:

a) poate fi transportată în aeronavă de transport de tip specific care va deservi destinaţia finală a cabinei necesitînd doar o desamblare şi asamblare minimă care se va include în cadrul utilităţilor şi a timpului disponibile la utilizator.

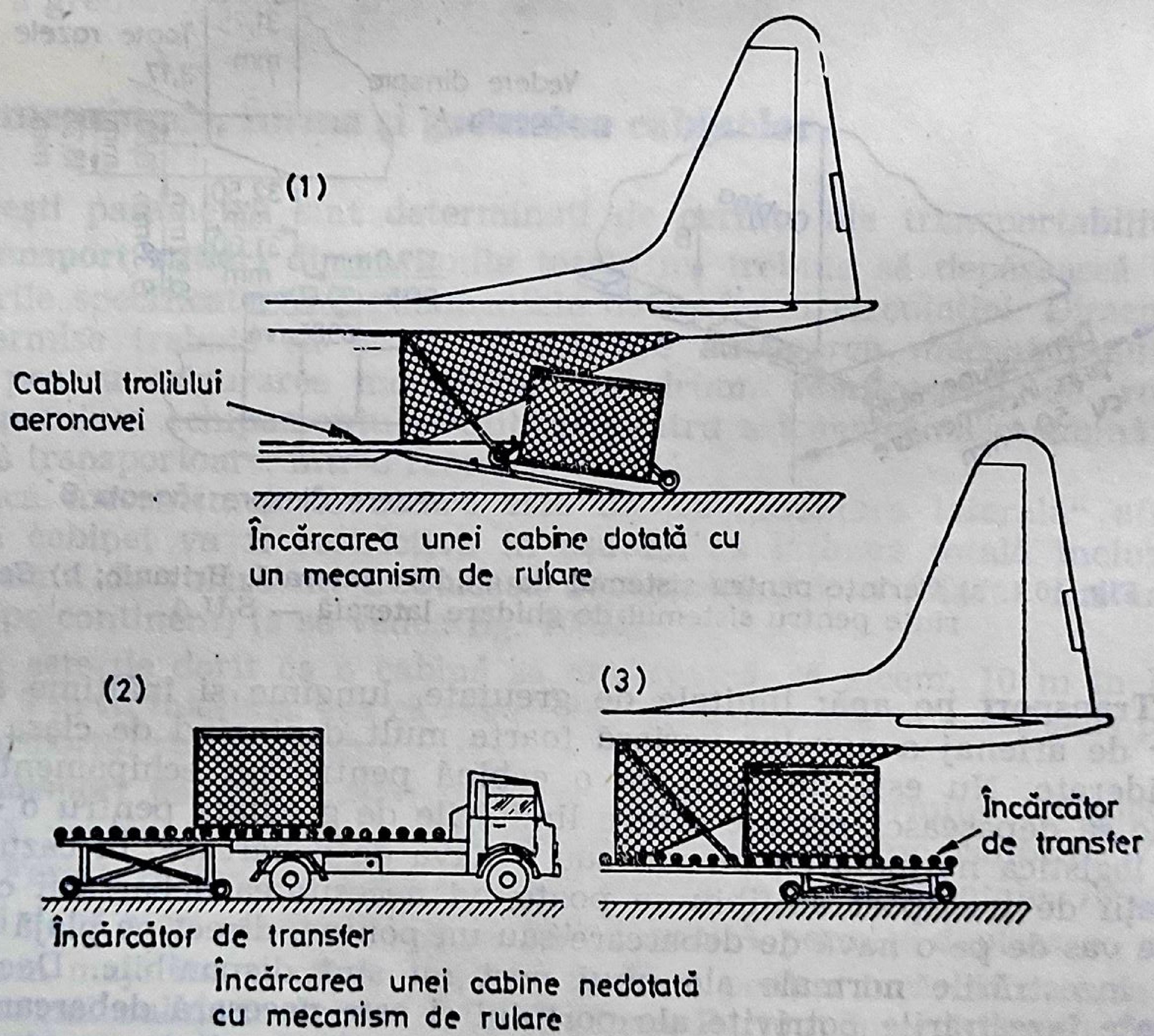

(1)
Cablul troliului aeronavei
Încărcarea unei cabine dotată cu un mecanism de rulare
(2)
(3)
Încărcător de transfer
Încărcător de transfer
Încărcarea unei cabine nedotată cu mecanism de rulare

Fig. 10.5. Tehnicile de încărcare a aeronavelor.

b) gabaritul și greutatea cabinei să fie cît mai mică admisă, de o compactare practică și cu un grad de protecție cerut pentru condițiile care se așteaptă de-a lungul întregii călătorii.

c) poate fi prevăzută pentru manipulare manuală sau este în limitele posibilităților de manipulare care se doresc a fi disponibile la aerodromul de expediție și recepție, de ex. încărcător de transfer.

Limitările de bază dictate de construcția aeronavelor

Detaliile ale dimensiunilor individuale ale aeronavelor, capacitatea de transport a încărcăturii, sistemele de fixare laterală, ca și tălpile inferioare și suprafețele portante ale încărcăturilor sînt date în raport cu tipul curent al aeronavei. Tabela 10.1 prezintă un ghid al capacităților de încărcare ale aeronavelor aflate în uz curent. Caracteristicile de bază

Tabela 10.1

Datele aeronavelor

Tipul aeronavei	Încărcătura (cargo) permisă (kg)	Raza de acțiune (km)	Dimensiunile aproximative ale compartimentului încărcăturii (max.)			Datele ușii de încărcare		
			L (m)	Lăț. (m)	I (m)	Poziția	Î (m)	Lăț. (m)
C 730	35 108	3 218,6	19,66	3,15	2,80	spate	2,79	3,05
C 130 A	13 381	3 218,6	12,65	3,15	2,77	spate	2,74	3,05
C 1300 B	15 875,7	3 224	12,50	3,07	2,49	spate	2,77	3,12
Merules C.I.	20 411,7	2 735,8	12,50	3,15	2,77	spate	2,74	3,05
VC 10	26 081,6	5 552	24,69	3,23	2,24	lateral	2,12	3,54
Belfast	36 741	772,4	19,30	3,66	3,96	spate	2,90	3,66
C 130 E	20 411,7	3 621	12,60	3,12	2,74	spate	2,74	3,05

Notă: Aceste informații sînt orientative. Datorită unor restricții ca cerințe de personal și echipament de acces ca și variații ale razei de zbor în funcție de încărcătura utilă, detaliile specifice se vor cere autorităților respective ca de exemplu:

— Joint Air Transport Establishment and Air Transport Development Unit, Old Sarcum, Wilts, UK;
— A.P. 101 A — 1101-1 Air Transport Manual General and Tehnical Information;
— A.P. 101 A — 1103 — 1 transport Aircraft Data Sheets.

ale aeronavei care limitează transportabilitatea prin aer a echipamentului şi a încărcăturii sînt:

a) sarcina utilă maximă permisă al aeronavei în corelare cu raza de acţiune şi alte condiţii operaţionale;

b) unitate de încărcătură maxim permisibilă;

c) dimensiunile, localizarea şi configuraţia deschiderilor de încărcare;

d) dimensiunea şi configuraţia a compartimentului cargo — configuraţia poate admite completă utilizare a spaţiului disponibil;

e) rezistenţa suprafeţelor de încărcare ale aeronavelor incluzînd tălpile suport;

f) numărul, localizarea şi rezistenţa elementelor de fixare a cargoului;

g) limitele anterioare şi posterioare al centrului de gravitaţie al aeronavei;

h) dificultăţile de încărcare şi descărcare adică înălţimea podelei aeronavei deasupra nivelului solului şi unghiul rampei.

Criteriile generale privind transportul prin aer

Greutatea şi volumul

Cerinţele transportabilităţii prin aer cer o construcţie a cabinei cît mai uşoară şi compactă. Greutatea şi volumul putînd fi astfel economisite sînt disponibile pentru personal şi alte depozitări reducînd astfel dimensiunea aeronavei necesară pentru o anumită operaţie şi crescînd eficienţa forţei de transport aerian disponibilă.

b) reducerea greutăţii şi a dimensiunilor nu trebuie să scadă performanţele echipamentului şi nici să crească excesiv costul general.

c) pe cît este posibil reducerea greutăţii trebuie să se atingă prin utilizarea unui material uşor şi disponibil şi prin tehnicile avansate de proiectare.

d) o atenţie corespunzătoare trebuie să se dea suprafeţelor purtătoare şi tălpilor de încărcare ale aeronavei.

e) în determinarea dimensiunilor cabinei consideraţiile trebuie să urmărească:

I) Cea mai eficientă utilizare a profilului de încărcare a aeronavei în referire la numărul de cabine care se pot transporta.

II) Sistemele standard de ghidare laterală care vor varia în funcţie de tipul aeronavei (a se vedea fig. 10.6).

III) Posibilitatea ca o cabină să fie transportată direct prin sistemul de ghidare laterală. În asemenea cazuri cabina trebuie asigurată cu locaşuri pentru racorduri de fixare compatibile cu sistemul de ghidare laterală al aeronavei.

IV) Cînd se are în vedere cabine pe roţi trebuie asigurată o suficientă gardă de la sol pentru a permite echipamentului o înclinare a rampei de încărcare. Aceste cabine trebuie să fie proiectate pentru a permite încărcarea, transportul prin aer şi descărcarea cu roţile ataşate.

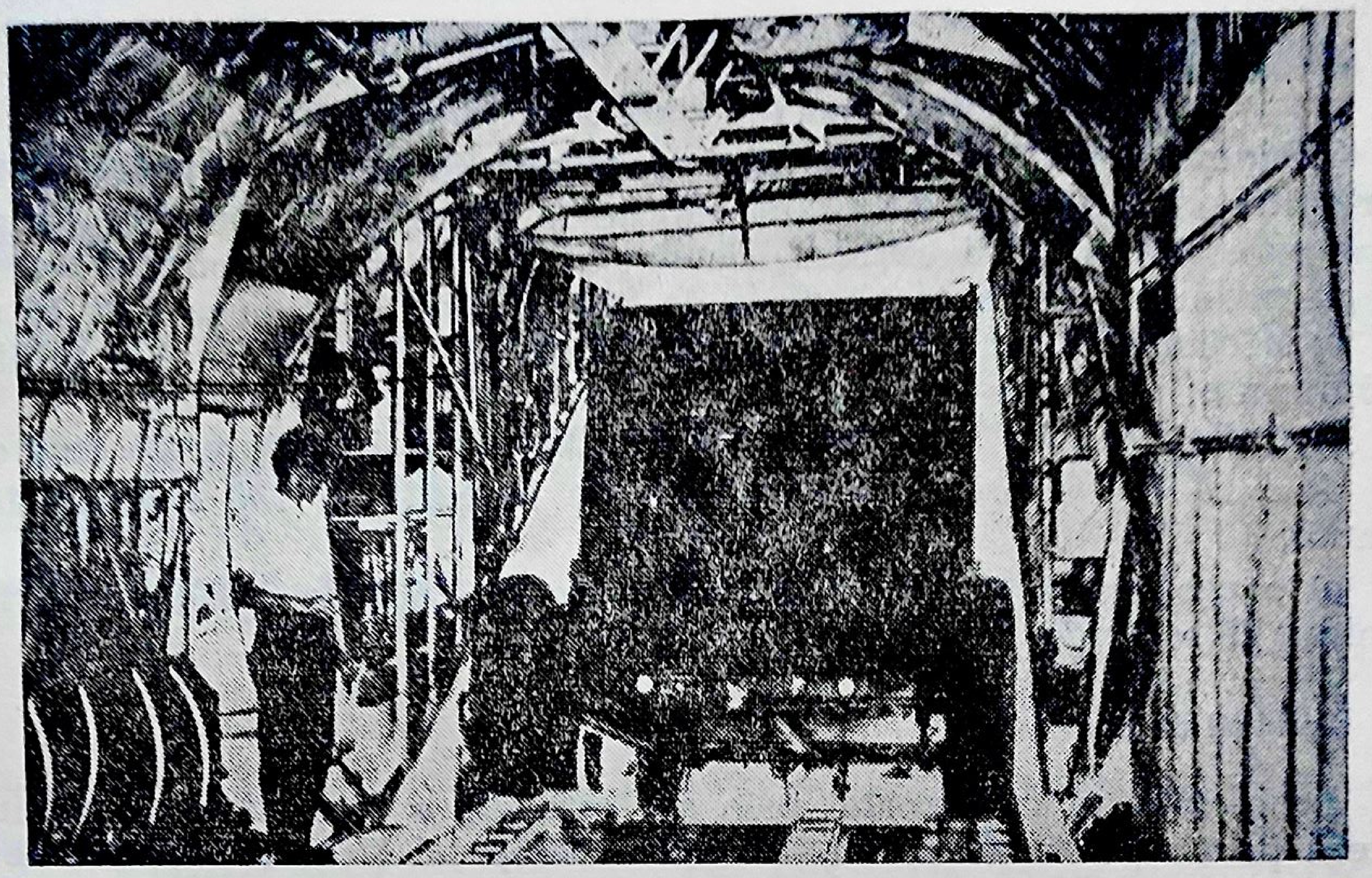


Fig. 10.6. O cabină pe dispozitiv mobil în timpul încărcării într-o aeronavă cargo (a se observa sistemul de ghidare cu role).

Unghiurile de apropiere şi garda de sol

a) unghiurile de apropiere şi de îndepărtare ale cabinei pe roţi nu vor fi sub 17° pentru a asigura garda suficientă a consolelor faţă-spate la intrarea şi ieşirea pe rampele aeronavelor.

b) garda de sol dintre axele cabinelor pe roţi trebuie să fie suficientă pentru a împiedica „tîrîrea“ la joncţiunea dintre rampa şi podeaua cabinei. Ambele cerinţe pot fi neglijate în cazul unei cabine destinate doar pentru a îndeplini condiţiile mărfii transportabile prin aer dacă este sigur că atît aeroporturile de decolare şi destinaţie sînt disponibile utilaje potrivite pentru încărcare-descărcare (ex. încărcătorul cu transfer, a se vedea fig. 10.5).

Limitări dimensionale

O cabină trebuie să fie dimensionată în aşa fel ca:

a) nu trebuie să umple pînă sus compartimentul încărcăturii în timpul încărcării-descărcării;

b) încărcarea într-o aeronavă cu uşa laterală este posibilă, atunci cînd există o astfel de cerinţă;

c) permite accesul pentru ancorare sau pentru o altă metodă de fixare.

Altitudinea

Cabinele şi echipamentele care necesită transportul prin aer trebuie să rămînă fără defecte cînd sînt supuse la următoarele condiţii de presiune care sînt condiţii extreme ce se pot întîlni în mod normal:

a) presiune ambiantă absolută de 750 milibari pe o durată de 12 ore;

b) o cădere a presiunii ambiante de la 750 milibari la 500 milibari în 5 minute;

c) o presiune ambiantă absolută de 500 milibari pe o durată de 6 ore;

d) o cădere a presiunii ambiante de la 1 013 la 750 milibari în 2 minute;

e) o creştere a presiunii ambiante de la 1 013 la 1 650 milibari în 1 minut 48 secunde.

Condiţii de avarie

Echipamentul transportat prin aer este supus la condiţii de presiune severă pe timpul unei avarii. Deoarece echipajul şi aeronava trebuie să fie salvate cu orice preţ echipamentul nu trebuie lăsat la voia soartei, chiar dacă pentru a menţine securitatea este necesar a permite deteriorarea echipamentului. Severitatea acestor condiţii de presiune nu se aşteaptă a depăşi următoarele:

a) o descreştere a presiunii ambiante de la 750 milibari la 135 milibari în 10 secunde;

b) o presiune ambiantă de 135 milibari pentru 10 minute.

Încărcătura exterioară a aeronavei

Cabinele trebuie să reziste sau să fie protejate împotriva intemperiilor cînd sînt transportate ca o încărcătură suspendată. Condiţiile pot include:

a) viteza vîntului vertical de jos 100 noduri (mile marine/oră);

b) viteza vîntului orizontal în orice direcţie relativ la echipament 130 noduri;

c) o cantitate considerabilă de praf, apă, nisip transportată de vîntul menţionat mai sus;

d) formarea de ghiaţă pînă la 50 mm grosime pe oricare suprafaţă expusă. Cabinele trebuie să poată descărca la pămînt orice sarcini electrostatice generate în zbor fără ca aceasta să dăuneze echipamentului.

Factorii „g“ şi vibraţiile

Tabelul 10.2 indică condiţiile de şoc şi vibraţii pe care cabinele cu echipament electronic le pot suporta în timpul transportului. Pentru uzul militar, în special pentru armata terestră o cabină va necesita o construcţie rigidă pentru a suporta rigorile unui transport terestru.

Tabela 10.2

Condiţiile de risc ale transportului

Modul de transport	Localizarea/condiţii/ tip de vehicul	„g“ maxim la frecvenţa cea mai înaltă	Şoc lungimea pulsului sau frecvenţa	Vibraţie (V) Tamponare (B)
Aer	Fuselaj	4—8	3—500 Hz	V
	Aterizare	10	100 ms	B
	Turbulenţă	0,7	Nu se cunoaşte	V
Drum (camion)	Pista de încercare	3—13	5—80 ms	B
	Camion normal	1	5—200 Hz	V
	Drum prost	5	5—15 Hz	V
	Viteza mare	3	1—5 Hz	V
	Arcuire la limită	10	20 ms	B
Cale ferată	Vagon	1—3	1—3 Hz	V
	Joante de c.f.	3—5	10—50 ms	B
	Triere (tamponare)	20	Nu se cunoaşte	B
Nave	Maşini şi elice	11	1— 20 Hz	V
	Centrul navei	4,5	1— 20 Hz	V
	Punte	11	10—100 Hz	V
	Valuri normale	0,5	10 ms	B
	Valuri	6	10 ms	B

Expunere la atmosfera şi ceaţa marină

Pe timpul transportului pe mare cabinele sînt expuse efectului coroziv al aerului şi ceţii marine şi de aceea se vor utiliza la maxim vopsele şi materiale de protecţie.

Cerinţele tipice de testare la mediu

Testul la căldura uscată

Exterior

a) +32°C pentru 9 ore.

b) +32°C la +52°C în 5 ore cu o radiaţie solară de la 0 la 9,79 W/m² pe timpul ultimelor 3 ore ale perioadei.

c) +52°C cu o radiaţie solară de 9,79 W/m^2 pentru 5 ore.

d) +52°C la +32° în 5 ore cu reducerea radiaţiei solare de la 9,79 W/m^2 la 0 pe timpul primelor 3 ore. Pe timpul acestui test umiditatea relativă (u.r.) trebuie să varieze de la 65% la +32°C la nu mai mult de 25%, la +52°C.

Interior

21°C±3°C pînă la o temperatură ambiantă de 45°C. Temperatura interioară nu va depăşi 30°C pînă la o temperatură ambiantă de 52°C+radiaţia solară totală de 9,75 W/m^2. Umiditatea relativă interioară nu va depăşi 60%.

Testul A la căldura umedă

Exterior

Temperatura +40°C; u.r. 40% pentru 6 ore.

Interior

Temperatura 21°C±3°C; u.r. nu va depăşi 60%.

Testul B la căldura umedă

Exterior

Temperatura +20°C; u.r. 100% pentru 6 ore.

Interior

Temperatura 21°C±3°C; u.r. nu va depăşi 60%.

Testul A la temperatura joasă

Exterior

Temperatura 10°C pentru 10 ore.

Interior

Temperatura 21°C±3°C; u.r. nu va depăşi 60%.

Testul B la temperatura joasă

Exterior

Temperatura 15°C pentru 12 ore.

Interior

Temperatura 27°C±3°C; u.r. nu va depăşi 60%.

Testul la praf şi nisip

Acest test se va face simulînd o sarcină termică echivalentă cu disipaţia echipamentului care va fi montat în cabină cu sistemul de aer condiţionat pus în funcţie.

Cabina va fi supusă unei atmosfere turbionare de praf şi nisip la o temperatură de 35°C cu o umiditate relativă de sub 60% pe o perioadă de nu mai puţin de 2 ore. Amestecul praf/nisip trebuie să fie din material siliconic, curat şi uscat cu particule colţuroase şi abrazive. Greutatea specifică trebuie să fie 2÷6 pentru o densitate de vrac de aproximativ 1,5. Amestecul trebuie să conţină particole de toate mărimile de la cele mai mari (sită cu 100 ochiuri/inch.^{2}) pînă la diametre mai mici de 10 microni. Distribuţia va fi astfel aleasă ca 90% să treacă prin sita de 100 ochiuri/inch.^{2} şi 20÷50% prin sita de 200 ochiuri/inch.^{2}. Concentraţia de praf şi nisip în testul de mediu să nu fie mai mică de 7,06 gr/m^3.

Testul de transport în ploaie

Transport în ploaia de 10,16 cm/oră (neavariat)
Transport în ploaia de 5,08 cm/oră (operaţională)
Nu mai puţin de 0,195 m^3/H/m^2

Vînt

52 noduri (rafale pînă la 70 noduri) operaţional
70 noduri (rafale pînă la 120 noduri) neavariat.

Vibraţii

Se face în cadrul a trei domenii, cabina fiind încărcată total cu echipament:

$$\left.\begin{array}{r l} 3\text{—}12 & \text{cicli/sec.} \\ 20\text{—}30 & \text{cicli/sec.} \\ 100 & \text{cicli/sec.} \end{array}\right\} \begin{array}{l}\text{sarcina gravitaţională maximă va fi echi-} \\ \text{valentă cu 6 g iar cea medie va varia între} \\ \text{1 g şi 2 g}\end{array}$$

Testele pentru echipamentele montate pe vertical vor fi efectuate prin parcurgerea unei piste de testare. Figura 10.7 prezintă o fotografie a unei piste de testare pentru suspensia vehicolelor la MOD Military Vehicle and Engineering Establishment de la Chobham, Surrey, Marea Britanie. În faţă se vede o suprafaţă pavată cu pavele sau cu bolovăniş, cu hopuri. În spate se observă o pistă pentru căruciorul camerei de filmat iar în fund o pistă cu calupuri de 2,5 cm şi 5 cm (bare rigide transversal pe direcţia de mişcare a vehiculului) care simulează un traseu dificil.

Un test tipic va consta din:

Traseu pe teren parţial amenajat (pavat cu pavele sau bolovăniş)

48 km cu o viteză de pînă la 32 km/oră

Traseu pe teren dificil (calupuri de 2,5 cm)

8 km cu o viteză de pînă la 40 km/oră

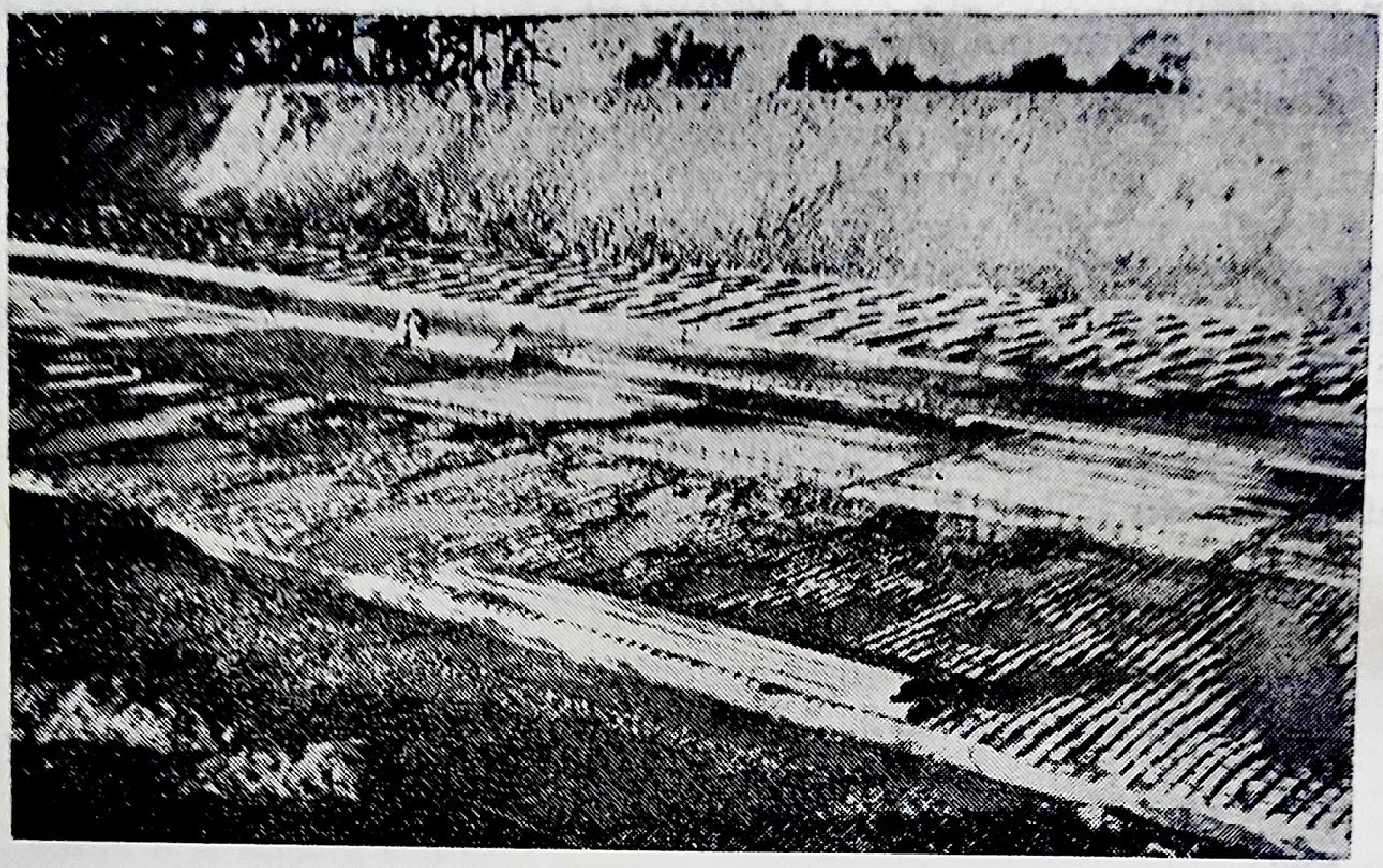


Fig. 10.7. Pista de testare a suspensiei vehicolelor.

Traseu pe teren foarte dificil (calupuri de 5 cm)

8 km cu o viteză de pînă la 24 km/oră

Traseu pe drum de ţară

160 km la o viteză de pînă la 48 km/oră

Sarcinile în „g“ aşteptate, care vor acţiona asupra cabinei în timpul testelor.

a) Longitudinale (în orice direcţii)	6 g
b) Verticale — nu mai mari decît	6 g
— în general	1÷2 g
c) Laterale	1,5 g

Pentru a respecta cerinţele militare, care presupun teste mai severe pentru transportul pe teren, distanţele de testare enumerate mai sus vor fi probabil extinse în mod considerabil.

Izolaţia termică

Marea majoritate a cabinelor pentru echipamentul electronic au instalaţie de aer condiţionat incorporată sau în exterior. Fără îndoială este necesar de a se închide în structura unei cabine izolaţia termică pentru a reduce sarcina instalației de aer condiționat atunci cînd se lucrează la temperaturi și umidități diferite ale aerului ambiant și în situații cînd intensitatea radiațiilor solare încălzește puternic suprafețele. Efectul de încălzire solară poate fi redus prin utilizarea finisărilor cu vopsea specială și prin utilizarea unui baldachin pe acoperișul construcției. Gradul de izolație trebuie să fie rezultatul unui compromis. Pereții de o grosime de 15 cm nu sînt o problemă, ci oferă o izolație termică corespunzătoare dar o asemenea grosime a peretelui într-o construcție portabilă nu va putea fi practicată. Dimensiunile externe și interne ale cabinei sînt dictate de alte restricții așa cum s-a prezentat mai înainte și golul disponibil pentru perete, după îndeplinirea acestor condiții poate fi umplut cu materialul potrivit pentru izolația termică. Cel mai eficient material pentru izolația termică este poliuretanul expandat. El este ignifrig dar se cere atenție sporită pentru a obține un material care să fie stabil în structura sa celulară, astfel, în timp el poate să se comprime.

Este recomandabil de a se realiza o barieră termică pentru a preveni autocomprimarea materialului izolant datorită temperaturii învelișului exterior. Figura 10.8 ilustrează o metodă potrivită pentru realizarea unei asemenea bariere termice în pereții sau panourile constructive ale cabinei. Învelișul exterior este izolat de umplutura de poliuretan de un strat de fibră de sticlă sau azbest cu o grosime de 1,25 cm. Similar izolația termică poate fi realizată în carcasa cabinelor rigide ori utilizînd bare nemetalice de obicei din fibră de sticlă prin fixarea de tije din lemn de esență dură cu o grosime de 1,25 cm, pe toate suprafețele carcasei metalice adiacent la fața interioară a învelișului exterior al cabinei. Acest lemn trebuie să fie protejat împotriva atacului insectelor și a mucegaiului și să fie ignifug (conf. indicațiilor standardului Britanic 3485 și 476).

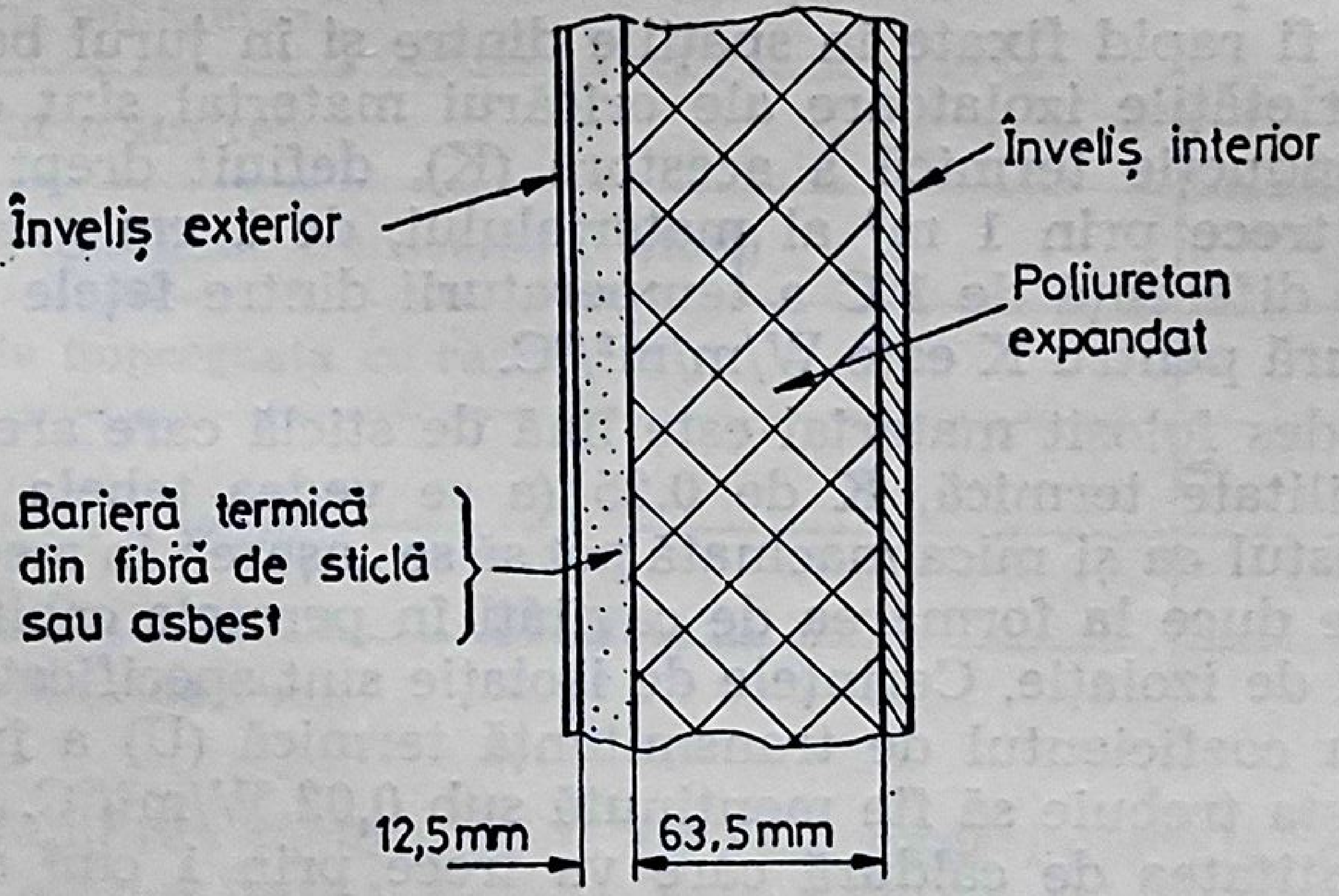


Fig. 10.8. Construcția peretelui cabinei — izolare termică.

O altă metodă este arătată în fig. 10.9 unde barele carcasei sînt construite din aluminiu lipite la un miez din PVC expandat. Nu există un contact metalic între fețele interioară și exterioară ale barei carcasei și în consecință conducția termică prin perete este minimă.

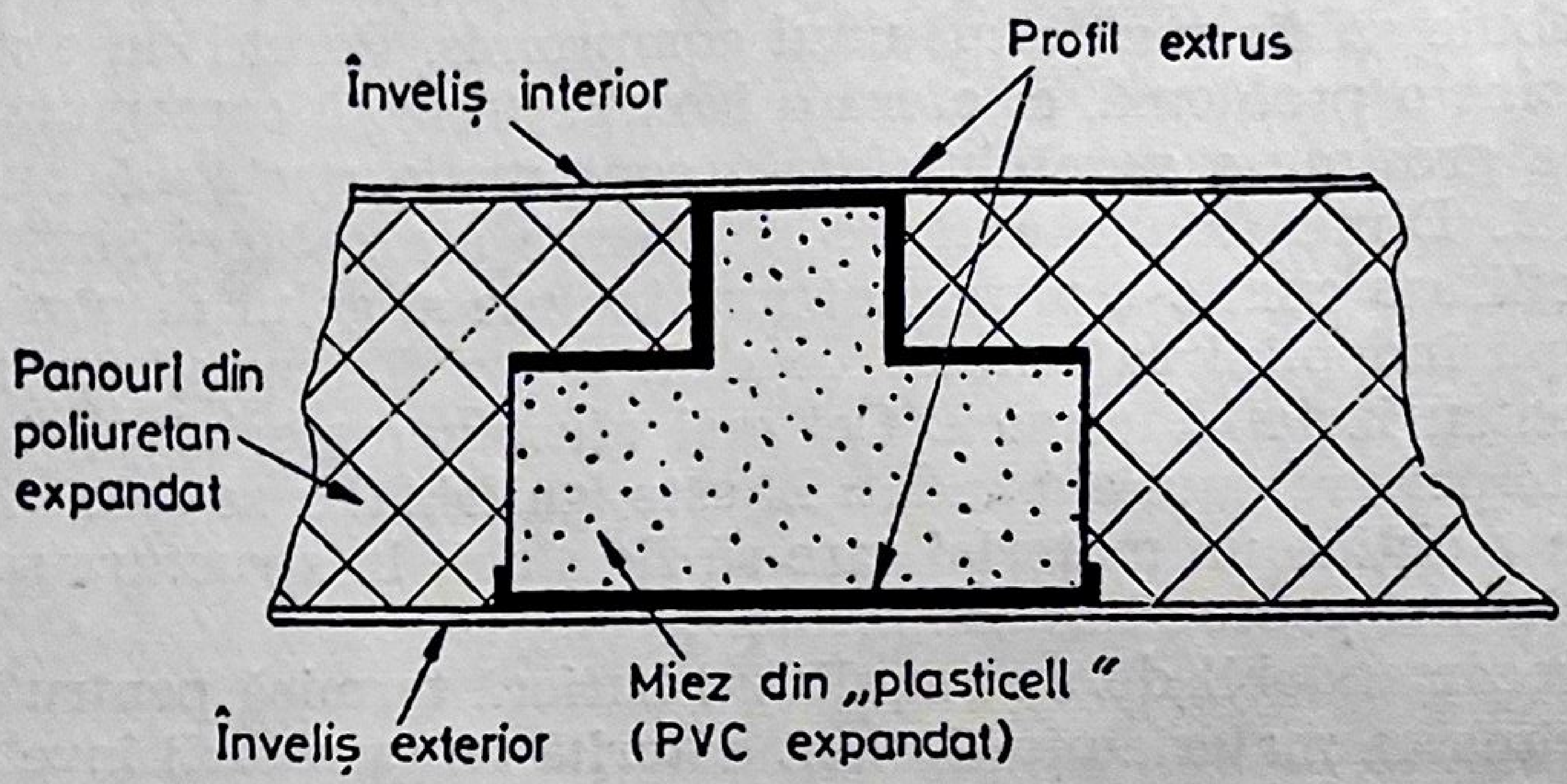


Fig. 10.9. Construcția peretelui cabinei — izolare termică.

În cabinele cu carcasă, izolația termică generală este realizată prin umplerea cavității dintre învelișuri cu un material izolant. Materialul cel mai convenabil pentru acest tip de construcție este de tip lînă. Aceste materiale pot fi rapid fixate în spațiile dintre și în jurul barelor carcasei cabinei. Proprietățile izolatoare ale oricărui material sînt date de coeficientul de conducție termică a acestora (K), definit drept cantitatea de căldură care trece prin 1 m^2 al materialului, de 1 cm grosime, în timp de 1 oră la o diferență de 1°C a temperaturii dintre fețele acestuia. Unitatea de măsură pentru K este W/m/m^2/°C.

Cel mai des folosit material este lînă de sticlă care are un coeficient de conductibilitate termică, K de 0,25 (a se vedea tabela 10.3). Trebuie notat că asbestul ca și mica macinată pot să se „așeze" în medii cu vibrație. Aceasta poate duce la formarea de cavități în peretele cabinei care să nu aibe material de izolație. Cerințele de izolație sînt specificate ca o valoare medie pentru coeficientul de transmitanță termică (U) a întregii cabine. Valoarea acesta trebuie să fie menținută sub 0,02 W/m^2/°C. „U" este definit drept cantitatea de căldură care va trece prin 1 cm^2 a structurii în 1 oră la o diferență de temperatură de 1°C dintre straturile de aer de fiecare parte a peretelui cabinei. Datorită pierderilor termice prin zăvoarele ușilor, mînerele ușilor, întăriturile din metal etc., valoarea lui U pentru întreaga cabină poate fi determinată numai în mod experimental. Pentru cabinele construite din panourile tip sandviș care au doar o ușă și un panou metalic de întărire numai în podea, o determinare aproximativă a lui U poate fi făcută divizînd factorul K pentru materialul miezului la grosimea miezului și înmulțind cu 1,5. Dacă factorul U pentru panou este cunoscut se înmulțește acesta cu 1,5.

Tabela 10.3

Coeficienții de transmitanță termică (U) și coeficienții de conductivitate termică (K) pentru diferite construcții din panouri și materiale izolatoare

Construcții din panouri sau materialul miezului	U W/m °C	K 10^{-2}W/m °C
Panou din fagure de hîrtie impregnată în rășină cu o grosime de 2,54 cm (1 inch.) cu un înveliș de aliaj de aluminiu de 0,82 mm (0,032″)	1,65	
Panou din fagure de hîrtie impregnată în rășină cu o grosime de 5,08 cm (2 inch.) cu un înveliș din aliaj de aluminiu de 0,82 mm (0,032″)	1,25	
Panou din fagure de hîrtie impregnată în rășină cu o grosime de 2,54 cm (1 inch.) cu celule umplute și cu un înveliș din aliaj de aluminiu de 0,82 mm (0,032″)	1,19	
Panou din fagure de hîrtie impregnată în rășină cu o grosime de 5,08 cm (2 inch.) cu celule umplute și cu un înveliș din aliaj de aluminiu de 0,82 mm (0,032″)	0,68	
Spumă rigidă din PVC		0,7 la 0,8
Spumă rigidă din poliuretan		0,7
Spumă rigidă din polistiren		1,1
Lemn de balsa în secțiune transversală (ștorț)		1,2
Fagure din hîrtie impregnată cu rășină		1,2
Lemn		4,6
Lînă din sticlă		1,1
Placă dură din fibră de lemn		3,5

Pentru stabilirea factorului U pe cale experimentală, cabina trebuie plasată într-o clădire lipsită de curenți la o temperatură constantă. O sursă de căldură de o putere de ieșire cunoscută se va plasa în interior. După un număr de ore, cînd temperatura în cabină devine constantă, se poate înregistra temperatura exterioară și interioară și factorul poate fi U calculat din ecuația, $U = q/A\Delta t$, unde q este cantitatea de căldură generată în W/h, A este aria suprafeței exterioare a cabinei în m² iar Δt este diferența dintre temperatura interioară și exterioară a cabinei în °C.

Tabelul 10.3 prezintă valorile lui U pentru unele construcții din panouri și valorile lui K pentru diferite materiale.

Cabine cu carcasă

Materiale pentru carcasă

Barele carcasei sînt așezate ca să formeze structura scheletului portant. Învelișurile pot fi proiectate pentru a susține sarcini și de a consolida ramele sau pot fi doar piese redundante structural asigurînd pur și simplu materialul de îmbrăcare. Materialele pentru miezuri și umplerea cavităților vor fi destinate numai pentru izolații și evident nu vor contribui la rezistența și rigiditatea structurală. Din acest motiv este necesar a se confecționa structura din materiale mai rezistente ca de exemplu oțelul inoxidabil și nealiat și din aliaje de aluminiu, de asemeni uneori, cînd greutatea și grosimea peretelui nu sînt importante, se poate utiliza lemnul pentru a reduce costul confecționării.

Construcția carcasei

Ramele pentru pereți, acoperiș și podea sînt confecționate cu subansamble prin sudare și nituire. Ramele subansamblu sînt sudate sau nituite împreună pentru a forma carcasa completă a cabinei. Invelișurile exterioare (împreună cu barierele termice dacă acestea sînt aplicabile) sînt apoi nitute sau lipite la carcasă. Niturile tubulare sau „explodate“ necesită o chituire, de aceea se preferă a se utiliza niturile cu cap plin. Vor fi evitate niturile din material plastic deoarece acestea se deformează datorită condițiilor de ciclu climatic și cad afară. La această fază de realizare a construcției sînt incluse toate modificările ca de exemplu piese pentru elemente de fixare a echipamentului transportat în cabină și elemente pentru deschideri. Se adaugă între piesele ramelor carcasei materialul izolant și se asigură în locul respectiv cu ajutorul îmbrăcăminții interioare.

A se nota că ramele pentru a putea fi sudate necesită dispozitive și scule speciale de fixare. Panourile din foaie de metal pot fi dintr-o bucată sau din motive economice pot fi sudate din dimensiuni de foaie mai mică ușor procurabile. Servituți uzuale ca de exemplu cablajul electric pentru forță și lumină și aer condiționat necesită facilități pentru instalații ca de exemplu conducte pentru cabluri, tuburi pentru aer și suprafețe de fixare.

Piesele structurale și punctele de fixare pentru fiecare dintre servituți, pot fi încorporate sau asigurate în construcția de bază a cabinei. De exemplu o secțiune tubulară sau de canal a barei unei rame structurale poate de asemeni servi ca un conductor pentru cabluri sau tub de aer.

Construcția podelei

Figura 10.10 indică o metodă folosită la construcția podelei. O piesă unitară a panoului podelei din aliaj de aluminiu este fixată deasupra ramei podelei. Această ramă este îmbrăcată pe dedesubt cu panoul de înveliş de dimensiune suficientă pentru a acoperi barele ramei podelei. Îmbinările între aceste panouri de înveliş inferior sînt făcute utilizînd metoda arătată în fig. 10.11. Deoarece panoul superior al podelei este dintr-o piesă există posibilitatea de a găuri şi fixa puncte de ancorare pentru montarea echipamentului în orice loc al ariei podelei.

Acest procedeu permite realizarea proiectării şi construcţiei cabinei în timp ce detaliile pentru echipamentul interior sînt încă în elaborare. Se permite astfel ca o cabină standard să fie utilizată pentru o diversitate de echipamente interioare.

Panoul superior al podelei necesită acoperirea cu un material potrivit pe care stă sau calcă personalul operativ. Este convenabil a utiliza dale lipite pe podea. Pentru încetinirea propagării focului dalele vor fi din vinil-asbest conf. standardului britanic BS 3260.

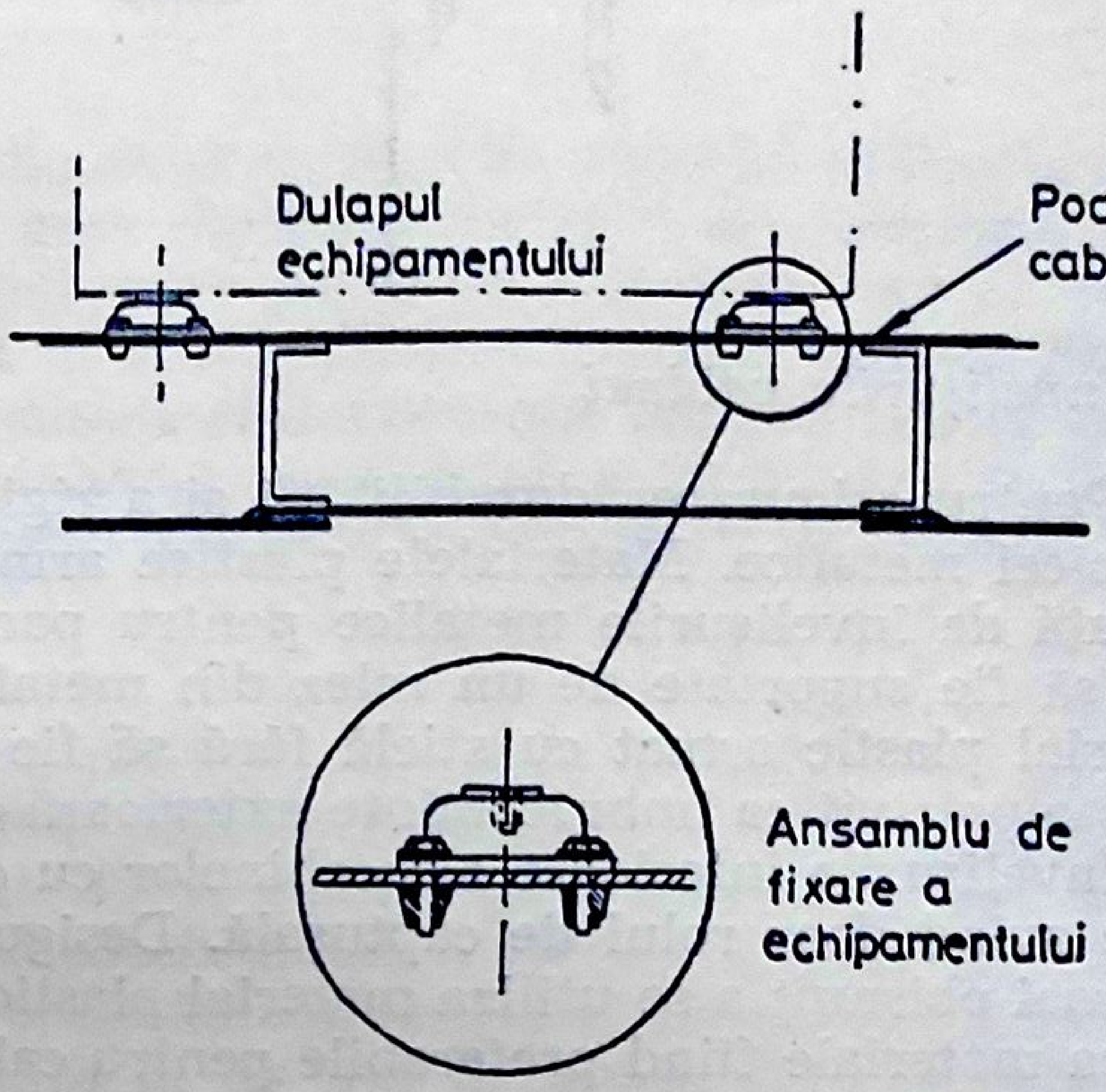

Dulapul echipamentului
Podeaua cabinei
Ansamblu de fixare a echipamentului

Fig. 10.10. Construcţia podelei şi elemente de fixare a echipamentului în interiorul cabinei rigide.

Construcţia pereţilor (fig. 10.12).

În cazul cînd echipamentele sînt montate în dulapuri sau sertare va fi probabil necesar la proiectarea cabinei să se prevadă încorporarea în structura peretelui a unor bare pentru fixarea izolatorilor. Piesele de fixare a izolatorilor trebuie să treacă prin învelişul interior şi să fie asigurate la carcasa cabinei (a se vedea „fixarea echipamentului").

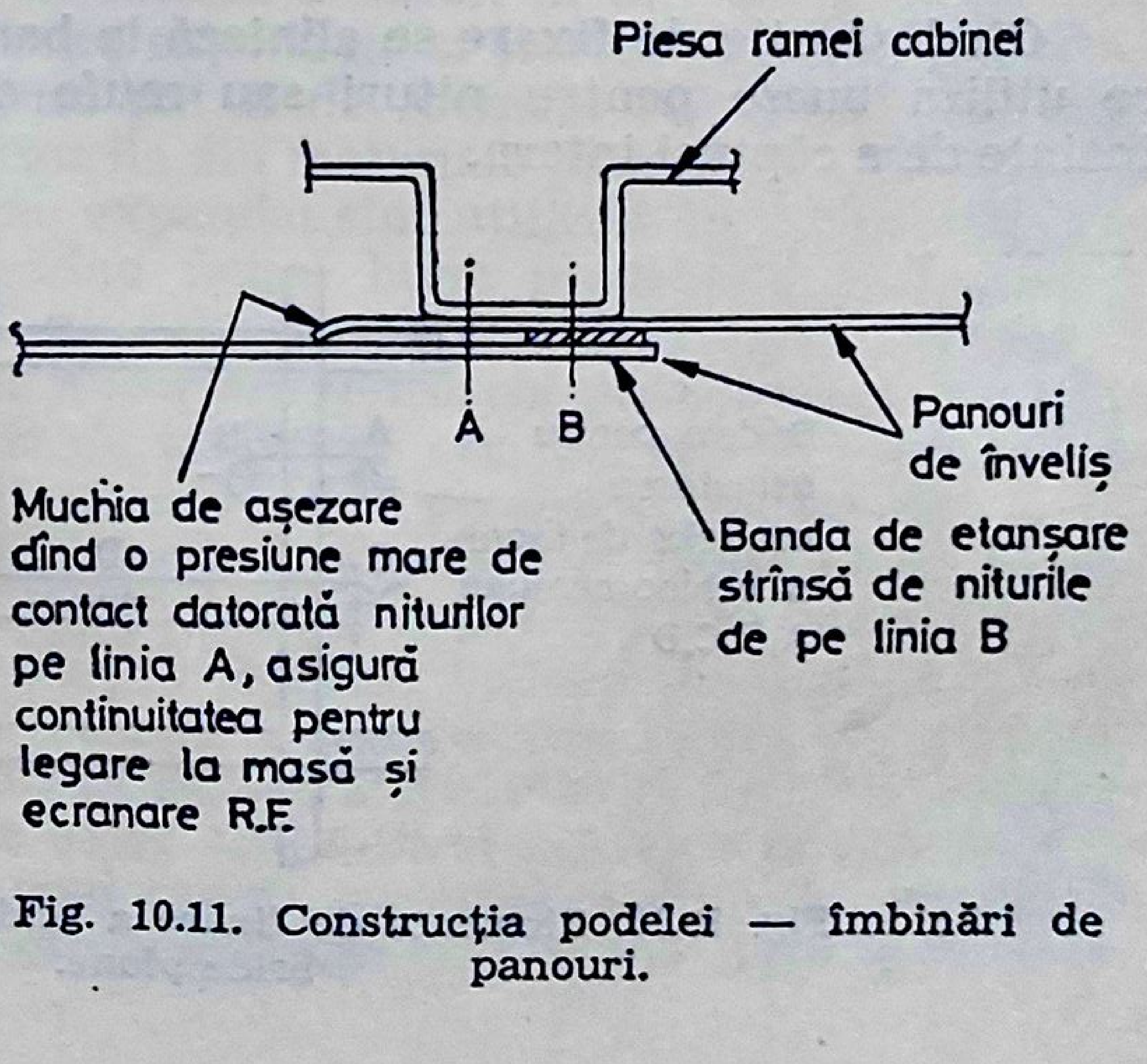

Piesa ramei cabinei
A
B
Panouri de înveliş
Muchia de aşezare dînd o presiune mare de contact datorată niturilor pe linia A, asigură continuitatea pentru legare la masă şi ecranare R.F.
Banda de etanşare strînsă de niturile de pe linia B

Fig. 10.11. Construcţia podelei — îmbinări de panouri.

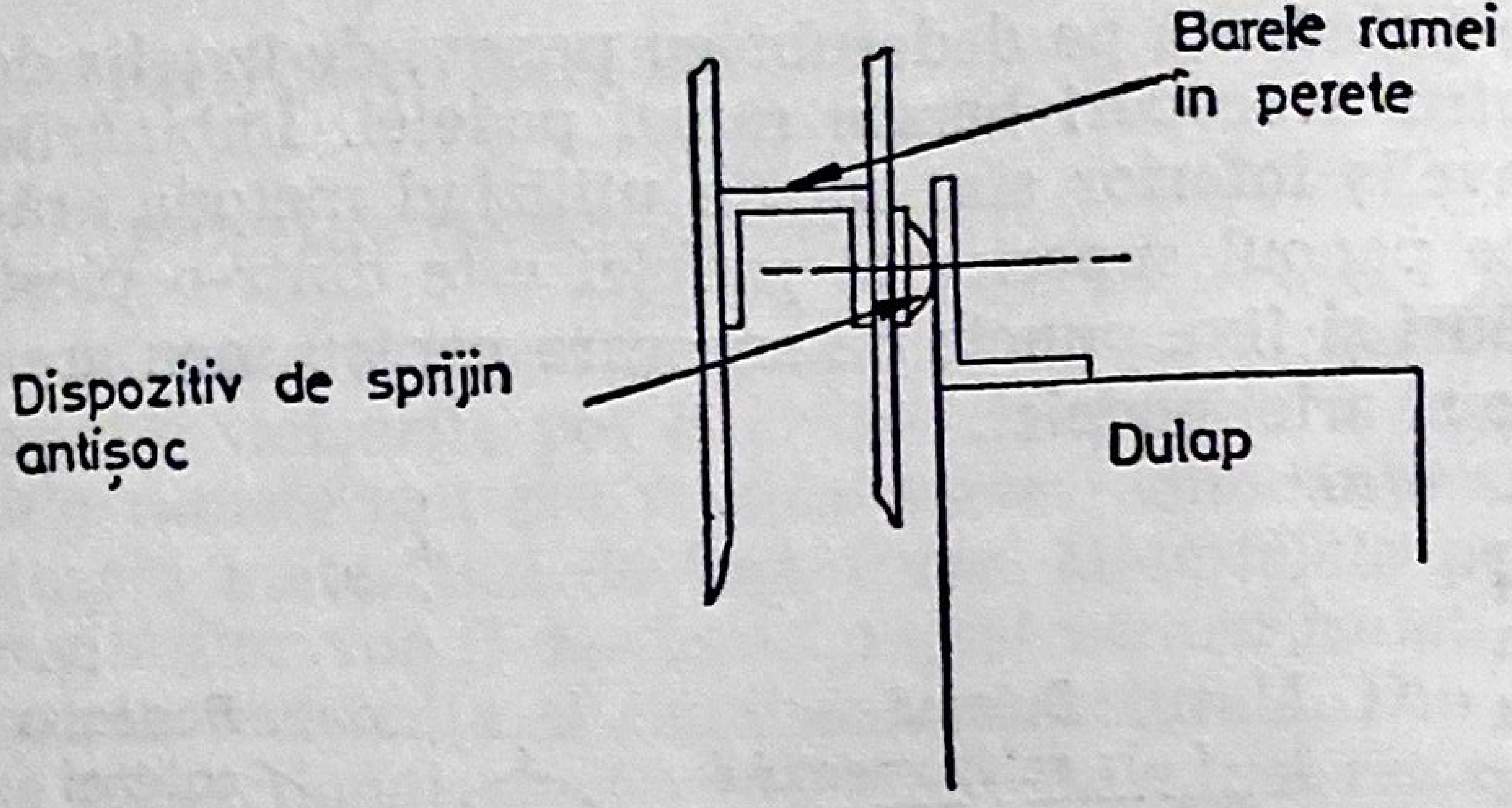

Barele ramei în perete
Dispozitiv de sprijin antișoc
Dulap

Fig. 10.12. Ancorarea echipamentelor în interior binelor rigide.

Învelișurile cabinei

Pentru asigurarea durabilității și a rigidității învelișurile simple sînt de obicei metalice. Materialele plastice armate cu sticlă prezintă avantajul față de învelișurile metalice pentru panourile sandwich, dar ele trebuie să fie suportate de un miez din metal rigid. Un înveliș simplu din material plastic armat cu sticlă fără să fie suportat de un miez sandviș nu este potrivit ca îmbrăcăminte exterioară deoarece poate fi ușor avariat.

Învelișurile interioare ale cabinelor cu carcasă nu sînt suprafețe portante avînd doar rolul de căptușală. Desigur acestea pot fi metalice dar este mai obișnuit a se utiliza material plastic sau plăci fibrolemnoase, asemenea materiale fiind preferabile pentru calitățile lor de izolație și radiație, ca și pentru faptul că sînt deja colorate și texturate. În adaos asemenea materiale au caracteristici anticondens mai bune decît metalele.

Piesele de fixare ale echipamentelor

Cînd găurile de fixare se aliniază la barele carcasei este convenabil a se utiliza bucșe pentru nituri sau mufe de ancorare fixate la carcasă înainte de a căptuși intern.

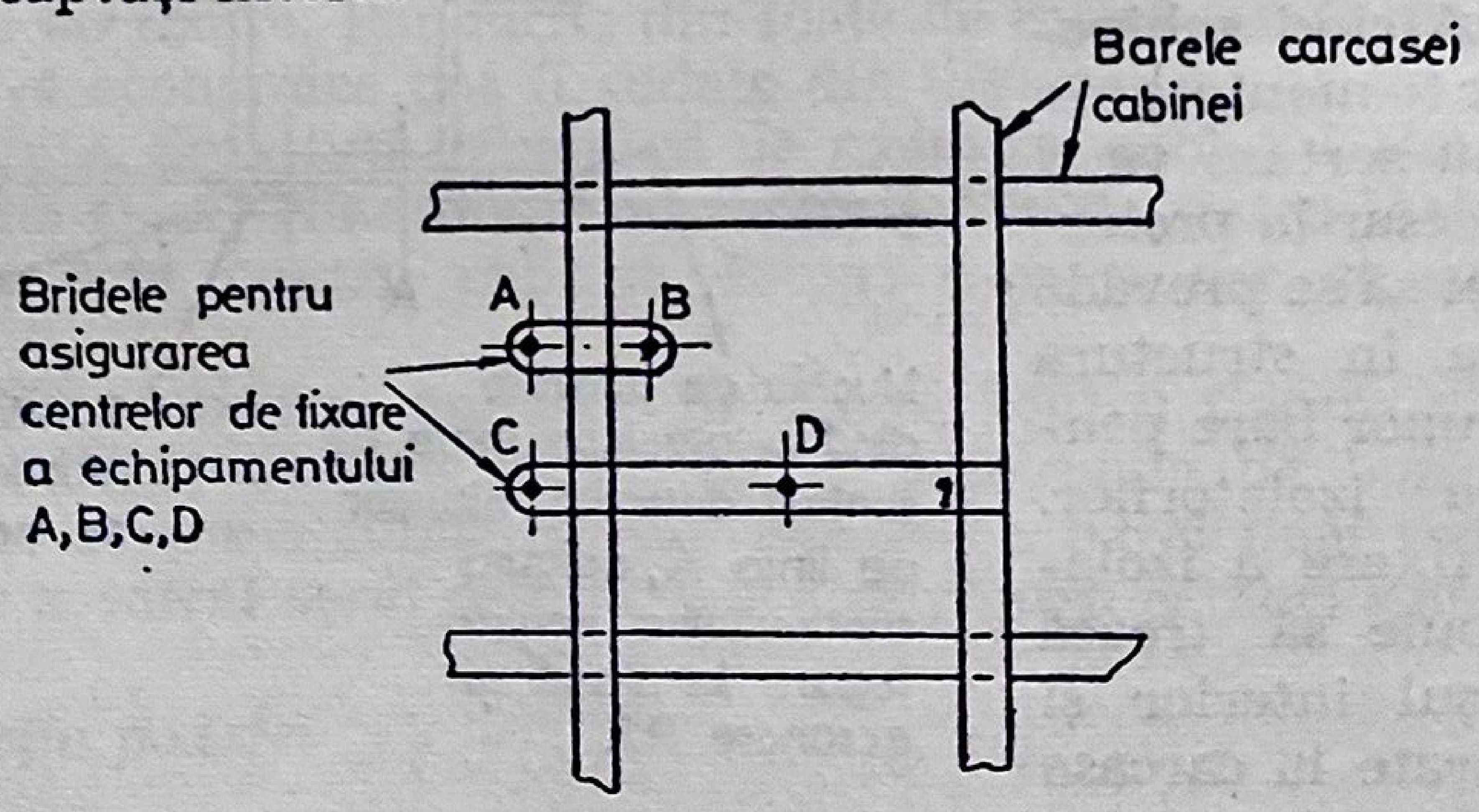

Barele carcasei cabinei
Bridele pentru asigurarea centrelor de fixare a echipamentului A,B,C,D
A
B
C
D

Fig. 10.13. Elemente de fixare a echipamentelor utilizînd bride plane.

Punctele de montare a echipamentului care nu coincid cu nervurile acoperişului, tijele pereţilor etc. pot fi incluse cu ajutorul bridelor sau a prelungitorilor (a se vedea fig. 10.13). Bridele vor transfera sarcina echipamentului la carcasa cabinei şi vor evita supraîncărcarea locală a panourilor învelişului interior.

Panourile sandviş

Un panou sandviş constă din două straturi de material subţire şi rezistent separate printr-un miez gros dintr-un material de densitate joasă. Învelişurile asigură cea mai mare parte de rezistenţă faţă de forţele de legătură iar miezul suport al învelişurilor transmite sarcina parţială structurii aşa că ambele învelişuri sînt eficiente faţă de o axă neutră comună. Acest sistem de îmbinare a învelişului le permite a rezista la sarcini pînă la limita lor de rupere fără a se încreţii sau a se deforma.

Materialul miezului

Miezurile cele mai practice pentru construcţii de cabine din panouri sînt miezurile solide (materialele plastice expandate şi storţ din lemn de balsa) şi faguri nemetalice. Materialele gofrate pentru miez şi faguri metalici permit un transfer termic inacceptabil. Tabelul materialelor pentru miez (tabel 10.4) prezintă proprietăţile diferitelor materiale de miez, a căror majoritate se poate realiza în diverse densităţi, dînd diferite proprietăţi.

Miezuri solide

Materialele care prezintă un interes deosebit în utilizarea lor ca miezuri solide sînt materialele plastice expandate şi ştorţul din lemn de balsa. Miezurile cu structura de fagure pot fi de asemeni considerate ca fiind un miez din material solid. Miezurile din materiale plastice, PVC expandat, polistiren expandat şi poliuretan expandat sînt utilizate în mod obişnuit ca materiale pentru miez, prezentînd foarte bune proprietăţi izolatoare şi greutate specifică mică. PVC-ul expandat are o rezistenţă ridicată în special la forfecare ceea ce este important îndeosebi pentru panourile rigid îmbinate. Celelalte două tipuri de materiale cer mai multe elemente de întărire decît PVC-ul expandat aşa cum se va prezenta mai departe.

Unele miezuri din material plastic expandat pot fi înspumate *in situ* dar acest lucru nu este uşor fiind necesare scule speciale pentru a preveni deformarea panoului pe timpul formării spumei. Deoarece nu toate tipurile acestor materiale vor rezista temperaturilor înalte ale mediului ambiant este indicat ca înaintea alegerii materialului să fie consultat producătorul. Storţul din lemn de balsa este utilizat pentru a se realiza miezuri foarte rezistente fiind în mod special rezistent la foc şi la mucegăire. Dezavantajul acestui material este o greutate comparativ mare (a se vedea

Materiale

Tipul	Densitatea		Rezistența la compresie		Modulul de elasticitate la compresie × 10^3		Rezistența la forfecare longitudinală	
	lb/ft^3	Kg/m^2	lb/inch	N/m^2×10^3	lb/inch	N/m^2×10^6	lb/inch.^{2}	N/m^2×10^3
PVC expandat	2,2	35	40	276	1,5	10,3	45	310
PVC expandat	3,7	59	100	689	3,5	24,1	100	689
PVC expandat	5,6	90	180	1 240	4,0	27,6	150	1 030
Fagure din aliaj de aluminiu NS3 cu fiola de 0,05 mm (0,002″) celula de 6,4 mm (1/4″)	4,0	64	340	2 340	—	—	230	1 590
Fagure din aliaj de aluminiu NS3 cu fiola de 0,076 mm (0,003″) celula de 6,4 mm (1/4″)	5,7	91	635	4 370	—	—	390	2 690
Fagure din rășină fenolică celula de 4,8 mm (3/16″)	3,4 to 4,0	54 to 64	460	3 170	15	103	200	1 378
Fagure din rășină fenolică armată cu sticlă celula 4,8 mm (3/16″)	8,77	140	1 670	11 500	179	1 230	618	4 260
Poliuretan expandat	4,5	72	75	517	2,7	18,6	85	586
Ștorț din lemn de balsa	6,0	96	900	6 200	350	2 410	—	—
Polistiren expandat	2,6	42	40	276	1,6	11	45	310
Rășină formaldehidică armată cu fibre poliamidice celula de 6,4 mm (1/4″)	2,0	32	140	965	—	—	90	620

Materiale

...ența ...ecare ...tinală
N/m²×10³
310
689
1 030
1 590
2 690
1 378
4 260
586
—
310
620

---

pentru miezul panourilor sandviș

Tabela 10.4

Modulul de forfecare longitudinală × 10³		*Rezistența la forfecare transversală*		*Modulul de forfecare transversală*		*Rezistența la îndoire*		*Rezistența la întindere*	
lb/inch.²	N/m²×10⁶	lb/inch.²	N/m²	lb/inch.²	N/m²×10⁶	lb/ /inch²	N/m²×10³	lb/ /inch²	N/m²×10³
1,5	10,3	45	310	1,5	10,3	50	345	50	345
2,3	15,9	100	689	2,3	15,9	140	965	200	1 378
4,0	27,6	150	1 030	4,0	27,6	200	1 378	250	1 720
31,9	220	141	972	21,3	147	—	—	—	—
45,3	312	240	1 650	30,2	208	—	—	—	—
6,5	44,8	120	827	4,5	31	—	—	—	—
63,6	438	464	3 200	33,8	233	—	—	—	—
7	4,82	85	586	7	4,82	—	—	—	—
15	103	—	—	15	103	—	—	—	—
65	4,48	45	310	65	4,48	—	—	—	—
3,85	26,6	56	386	2,25	} 15,5	—	—	—	—

tabelul 10.4). Miezurile solide pot fi formate conform cerinţelor pentru a se adapta la variaţiile grosimii învelişului pentru barele de întărire, plăcile de dublare sau eclisele de îmbinare. De asemeni este posibilă realizarea panourilor curbe utilizînd miezurile de forma specifică în secţiuni care se vor îmbina împreună.

Miezuri fagure

Se realizează miezuri fagure de mai multe tipuri, dimensiuni şi materiale şi în general se poate spune că pot să realizeze un panou mai rigid decît alte tipuri de miezuri. Dacă fagurii nu sînt umpluţi panourile sînt mai susceptibile la autoarcuire în special în prezenţa învelişurilor cu un coeficient de dilataţie termică diferit. Fagurii din metal nu vor reduce transferul termic de la învelişul exterior la cel interior iar un fagure nemetalic va fi probabil, o barieră termică inadecuată. Cel mai bun tip de miez fagure pentru a reduce pierderile calorice este cel de tip nemetalic cu umplutura din material plastic expandat, dar preţul acestui material poate fi un impediment serios. Selecţia preliminară a unui material potrivit pentru un miez fagure este în mod normal bazată pe preţul acestuia,

Materialele învelişului

Materialul	Conţinutul de sticlă % din greutate	Densitate		Rezistenţa la întindere		Modulul la întindere		Rezistenţa la compresie	
		lb/inch³	Kg/m³ ×10³	1000 lb /inch.²	N/m²×10⁶	10⁶ lb/inch²	N/m² ×10⁹	1000 lb /inch.²	N/m² ×10⁶
Epoxi înfăşurare unidirecţională	60—90	0,06 — 0,079	1,66—2,18	80 — 250	551—1720	4—9	27,6—62	45—70	310—482
Poliester extrudat	50—75	0,057—0,072	1,58—1,99	60 — 170	413—1170	3—6	20,6—41,3	30—70	206—482
Poliester în ţesătură satinică bidirecţională	50—70	0,057—0,068	1,58—1,88	35—58	241— 400	2—3,5	13,8—24,1	30—40	206—276
Poliester în ţesătură semitort	45—60	0,054—0,065	1,5 — 1,8	32—50	220— 344	1,8—2,4	12,4—16,5	14—20	96,5—138
Epoxi special/foaie de sticlă	—	0,078—0,084	2,16—2,32	70—80	482— 551	2,5	17,2	55—60	379—413
Poliester cu preformare arbitrară	25—50	0,052—0,058	1,44—1,61	10—24	69— 165	0,8—1,6	5,5—11,0	18—23	124—158
Aşezare manuală/pulverizare	25—40	0,052—0,054	1,44—1,5	9—20	62— 138	0,8—1,6	5,5—11,0	18—25	124—172
Oţel moale	—	0,283	1,83	60—70	413— 482	30	206	60—70	413—482
Aliaje de aluminiu	—	0,097	2,68	12—63	83— 432	10	69	12	83
Oţel inoxidabil	—	0,29	8,03	29—45	200— 310	28	193	30	206

cu anticiparea că materialul îşi va îndeplini satisfăcător funcţiile. Hîrtia — uneori impregnată cu răşină pentru a-i conferi o rezistenţă în plus — este cel mai ieftin material şi astfel uzual este ales în primul rînd. Hîrtia este utilizată în mari cantităţi în realizarea structurilor atunci cînd nu sînt implicate sarcini prea mari sau temperaturi ridicate. Se fac cercetări în realizarea materialelor evoluate ca de exemplu sticla E, poliamidele armate cu elemente de armare din fibre de bor, carbon sau din grafit şi cuarţ. Aceste materiale sînt de mare perspectivă dar nu se fac încă în cantităţi industriale.

Cerinţe pentru învelişuri

Învelişurile panourilor sandviş în afară de rezistenţa pe care trebuie să o posede pentru a conferi rigiditatea necesară cabinei şi de a rezista la sarcinile care îi sînt impuse trebuie să prezinte rezistenţă necesară pentru a preveni accidentările datorate loviturilor primite în timpul exploatării, să fie rezistente la eroziune şi coroziune pentru a se putea opune condiţiilor externe de mediu, trebuie să aibe proprietăţi de ecranare r.f. potrivite şi să fie uşoare (a se vedea tabelul 10.5 şi 10.6).

Tabela 10.5

pentru panourile sandviş

Coeficientul de dilatare termică		K		Rezistenţa termică continuă	
°Fx10^{-6}	°Cx10^{-6}	BTU/oră inch./ft^2/°F	Jouli/oră m^2/°C	°F	°C
2—6	3,6—10,9	1,9—2,3	8,5—10,3	500	260
3—8	5,4—14,4	1,9—2,3	8,5—10,3	500	260
5—6	9,0—10,8	1,9—2,3	8,5—10,3	350	180
6—9	10,8—16,2	1,5—2,0	6,7— 8,9	350	180
3—6	5,4—10,8	2,0—2,7	8,9—12,1	cu autostingere	
10—18	18—32,4	1,3—1,8	5,8— 8,1	390	200
12—20	21,6—96	1,2—1,6	5,4— 7,2	350	180
6—8 12—13 9—10	10,8—14,4 21,6—23,4 16,2—18	324 980—1300 800	1450 4380—5800 3580	1500 660 2100	820 350 1150

Tabela 10.6

Greutăţile panourilor sandviş — exemple

Înveliş A	Miez B	Înveliş C	Greutatea	
			lb/ft^3	N/m^2
22 SWG aliaj de aluminiu, 0,71 mm (0,028″)	PVC expandat 44,5 mm $(1^3/_4'')$ 3,7 lb/ft^3 6 kg/m^3	Material plastic armat cu sticlă (MPAS) 1,6 mm	1,79	85,5
26 SWG aliaj de aluminiu 0,46 mm (0,018″)	PVC expandat 31,8 mm $(1^1/_4'')$ 2,2 lb/ft^3 3,5 kg/m^3	MPAS 1,2 mm 3/64″	1,14	54,5
26 SWG aliaj de aluminiu 0,46 mm (0,018″)	Filare poliamidice întărite cu fagure din răşina fenol aldehidică celula 9,5 mm (3/8″) grosime 35,6 mm (1,4″)	26 SWG aliaj de aluminiu 0,46 mm (0,018″)	0,83	39,6
30 SWG aliaj de aluminiu 0,31 mm (0,012″)	PVC expandat 31,8 mm $(1^1/_4'')$ 2,2 lb/ft^3 3,5 kg/m^3	MPAS 0,76 mm (0,030″)	0,77	36,8
26 SWG aliaj de aluminiu 0,46 mm (0,018″)	PVC expandat 31,8 mm $(1^1/_4'')$ 2,2 lb/ft^3 3,5 kg/m^3	26 SWG aliaj aluminiu 0,46 mm (0,018″)	1,00	47,8
20 SWG aliaj de aluminiu 0,92 mm (0,036″)	Fagure din aliaj de aluminiu grosime 25,4 mm (1″) celula 5,35 mm (1/4″)	20 SWG aliaj de aluminiu 0,92 mm (0,036″)	1,4	67,0
26 SWG aliaj de aluminiu, 0,46 mm (0,018″)	Storţ din lemn de balsa	26 SWG aliaj de aluminiu 0,46 mm (0,018″) 0,46 mm	1,38	66,0

Învelişuri exterioare

Cerinţele pentru o greutate uşoară pot elimina oţelul şi să considere materialele plastice armate cu sticlă sau aliajele de aluminiu. Pentru o greutate egală, învelişurile din materialele plastice armate cu sticlă pot fi mai groase decît aliajele uşoare şi vor oferi o mai bună rezistenţă împotriva loviturilor care va lăsa urme permanente într-un înveliş din aliaj uşor, dar care nu vor deteriora un înveliş din plastic armat cu sticlă. Dacă un înveliş din plastic armat cu sticlă se perforează el poate fi uşor reparat prin umplere cu un strat din răşină cu fibră de sticlă şi prelucrare pînă în obţinerea finisării superficiale originale.

Materialele plastice armate cu sticlă prezintă şi alte avantaje prin aceea că nu se corodează şi pot fi aduse la nuanţa cerută eliminînd orice finisare prin vopsire. Este important ca învelişurile din material plastic armat cu sticlă să fie tratate final la o temperatură mai înaltă decît maximum temperaturii mediului ambiant, înainte de a se lipi la miez, altfel pot apărea băşici.

Învelişuri interioare

Alegerea materialului se face obişnuit între aliaje de aluminiu şi materiale plastice armate cu sticlă dar aici aliajele de aluminiu prezintă un avantaj asigurînd ecranarea radiofrecvenţei. Plasticul armat cu sticlă poate fi acoperit prin pulverizare cu metal pentru a oferi o suprafaţă metalică dar eficientă de ecranare obţinută nu este prea bună. Materialul de ecranare r.f. din interiorul cabinei este mai puţin predispus deteriorării. Atunci cînd rezistenţa sau greutatea nu sînt critice, învelişul interior poate fi un laminat decorativ din material plastic, selecţionat în primul rînd pentru a corespunde preferinţelor de finisare a interiorului.

Construcţia cabinei

Panourile sandviş sînt făcute sau la o presă hidraulică cu încălzire sau la o presă cu vid. Panourile sînt asamblate pentru a se realiza o

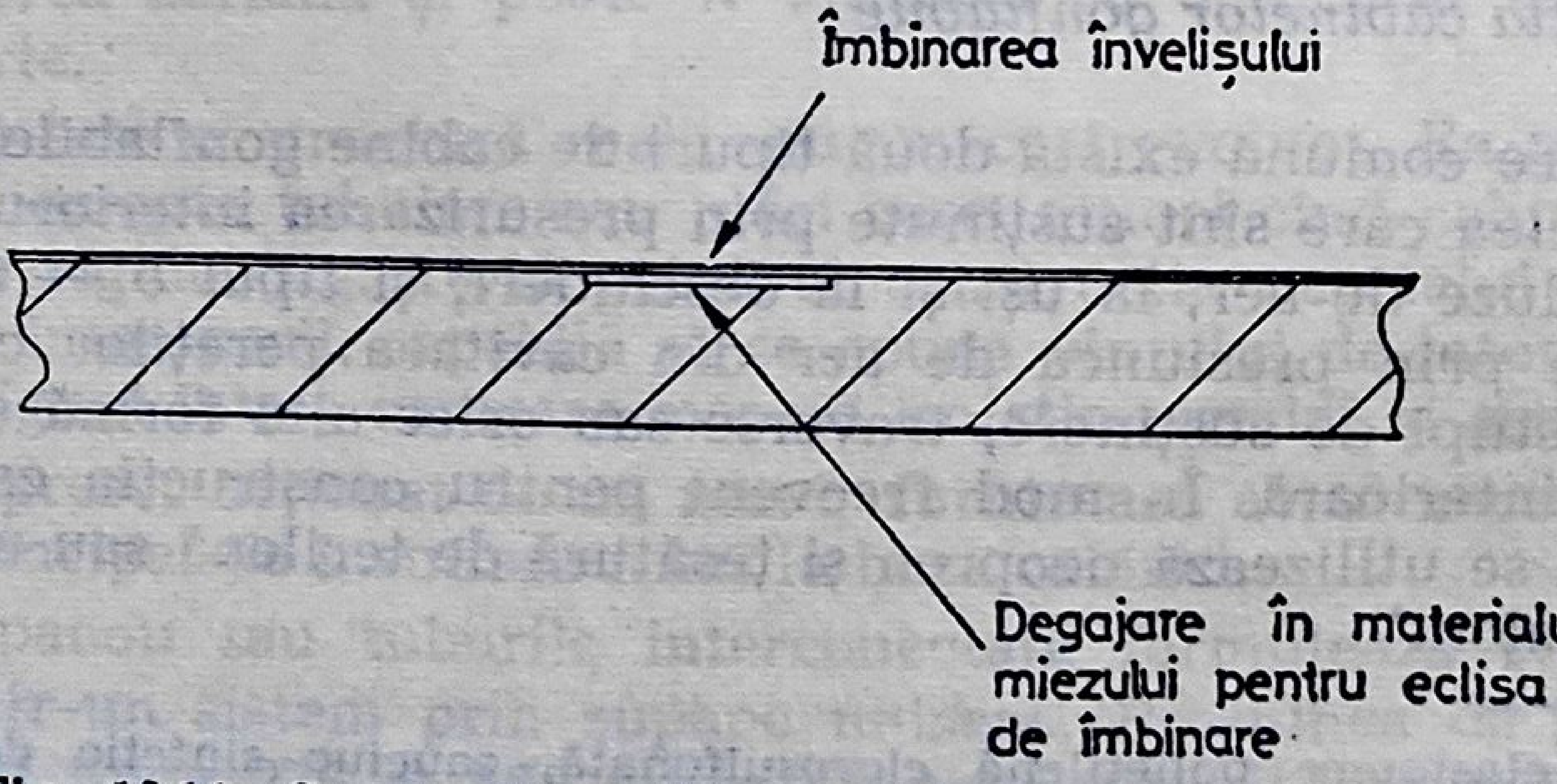


Fig. 10.14. Construcţia cabinei rigide îmbinarea căptuşelii.

cabină prin legarea lor împreună cu ajutorul unei rășini cu polimerizare la rece. Colțurile sînt întărite prin fixarea și nituirea cu metal sau prin utilizarea unei întărituri adiționale din plastic armat cu sticlă, în funcție de cerințele de rezistență. Pe cînd miezurile panourilor împerecheate pot fi fixate împreună muchie la muchie, învelișurile trebuie să fie legate împreună printr-o îmbinare cu suprapunere. Aceasta se realizează prin degajare în miez și îmbinarea prin suprapunere sau cu eclisele de îmbinare (fig. 10.14).

Întăriturile panoului

În cazul în care panourile sînt supuse concentrărilor mari de sarcini sau unor sarcini mari care trebuie deplasate dintr-o parte a panoului în alta, poate fi necesară adăugarea de întărituri în timpul realizării panoului. Aceasta se poate face prin fixarea în plăcile de formare, a barelor din metal sau material plastic armat cu sticlă, a blocurilor din lemn sau a fibrelor din carbon.

Cabine gonflabile

Acestea sînt proiectate pentru a fi desfăcute în secțiuni și împachetate în ansamble de dimensiuni potrivită permițînd manipularea lor normală în condițiile de utilizare militară. Cabinele trebuie să fie complete, avînd și aparatura asociată lor (de exemplu echipamentele compresoare). Ele trebuie să fie construite în așa fel încît să fie rapid desfășurate de o echipă mică de oameni. Este necesar ca materialele pentru construcție să fie flexibile, dar durabilitatea lor nu este prea bună. Lumină solară, ozonul și variațiile temperaturii mediului ambiant afectează pliabilitatea materialului, iar repetatele despachetări și regonflări duc în mod obișnuit la degradarea materialului și în consecință, la pierderi de aer. Din acest motiv cabinele gonflabile au un potențial de refolosire limitat.

Construcția cabinelor gonflabile

În utilizare comună există două tipuri de cabine gonflabile, și anume: *tipul a* — acelea care sînt susținute prin presurizarea interiorului cabinei și necesită ecluze de aer, la uși și la deschideri; și *tipul b* — acelea care sînt susținute prin presiunea de aer din cavitaea pereților cabinei. Nu sînt utilizați stîlpi de susținere, traverse sau orice altă formă a structurii de susținere interioară. În mod frecvent pentru construcția cabinelor de ambele tipuri se utilizează neopren și țesătură de terilenă sau nailon, acoperită de hypalon.*

---

* hypalon-elastomer polietilenă clorosulfonată, cauciuc sintetic de acoperire, produs original de Dupont. *(n.a.)*

Tipul a) nu este considerat în general o cabină satisfăcătoare pentru echipament electronic datorită vulnerabilității la deteriorare și de asemenea, din cauza slabei izolații termice pe care o oferă. Aceste cabine nu prezintă proprietăți de ecranare pentru radiofrecvență.

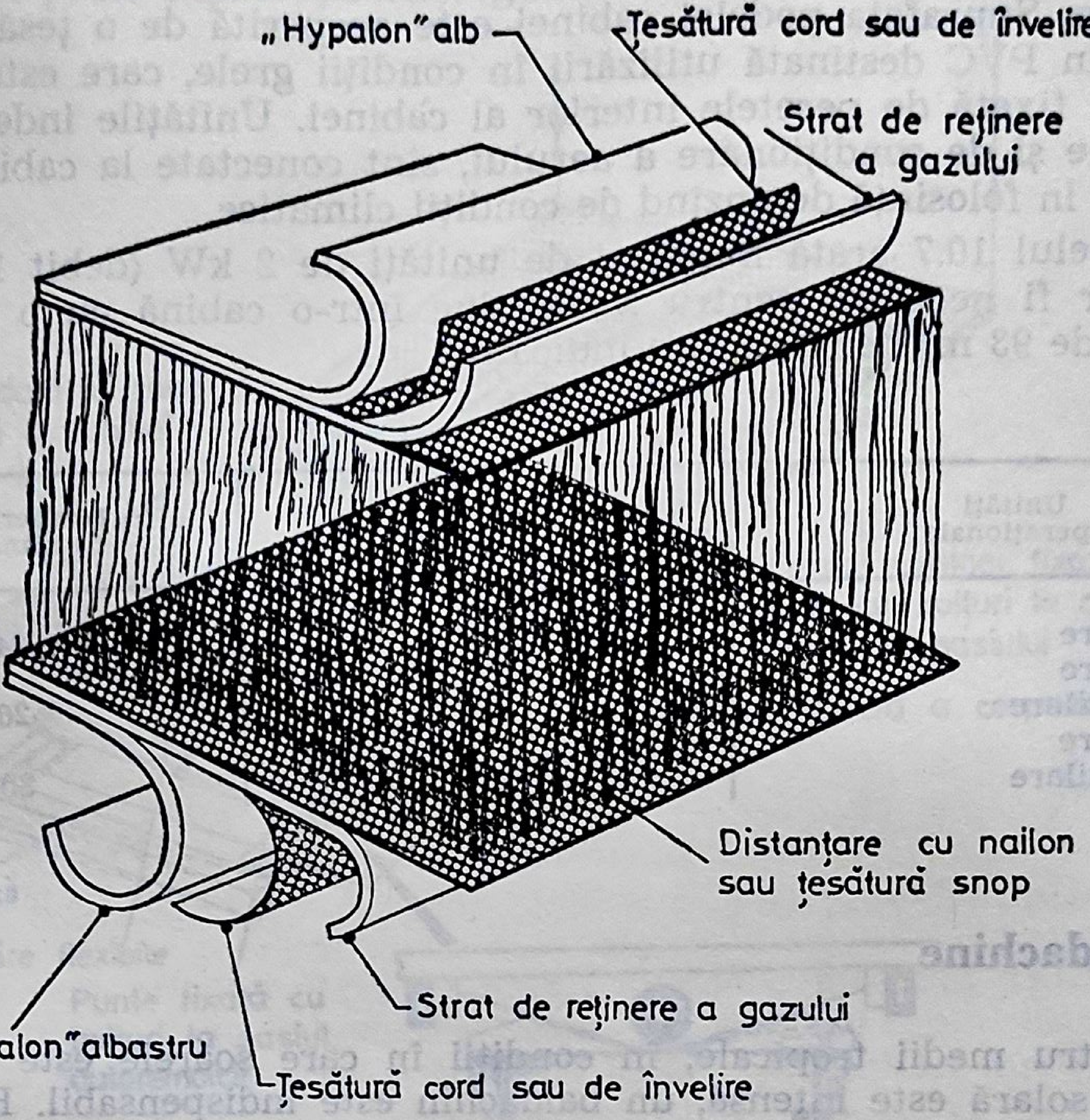

„Hypalon" alb
Țesătură cord sau de învelire
Strat de reținere a gazului
Distanțare cu nailon sau țesătură snop
Strat de reținere a gazului
„Hypalon" albastru
Țesătură cord sau de învelire

Fig. 10.15. Structura căptușelii.

Totuși în mod particular sînt potrivite pentru transport aerian și pentru lansarea aeriană și poate fi utilizată ca o incintă temporară pe termene scurte.

Tipul b) este o structură reală, nu un cort evoluat. Ea poate fi construită din elemente tubulare sau plăci care, atunci cînd cabina se umflă, sînt aproape rigide (fig. 10.15 prezintă construcția peretelui-placă). Este rezistentă la intemperii, capabilă să se opună vîntului de intensitatea unei furtuni și asigură într-o oarecare măsură izolația termică și acustică.

Un compresor acționat de un motor furnizează aerul necesar sistemului inelar principal de insuflare fixat la baza cabinei.

Plăcile-panou sau tuburile interconectate formulează celule de aer conectate într-un sistem prin supape unisens. Presiunea de gonflare (în mod obișnuit între 276 și 522 mb/m²) este menținută în gama prescrisă cu ajutorul unui comutator sesizor de presiune. Ferestrele pot fi fixate în rame avînd degajare periferică care este prinsă în deschiderea circulară a ţesăturii în timpul gonflării cabinei. Uşile pot fi montate într-o poartă gonflabilă care este fixată printr-un fermoar la ţesătura principală. Aceste cabine se fac pe secţiuni şi se asamblează împreună prin fermoare. Suprafaţa podelei cabinei este acoperită de o ţesătură de protecţie din PVC destinată utilizării în condiţii grele, care este legată la o manşetă fixată de peretele interior al cabinei. Unităţile independente de ventilaţie şi de condiţionare a aerului, sînt conectate la cabină, numărul acestora în folosinţă depinzînd de condiţii climatice.

Tabelul 10.7 arată numărul de unităţi de 2 kW (debit 113 m^3/min.) care vor fi necesare pentru a menţine într-o cabină cu o suprafaţă a podelei de 93 m^2, temperatura indicată.

Tabela 10.7

Unităţi operaţionale	Temperatura ambiantă	Temperatura în cabina (°C)
4 de răcire	36,1	24,2
3 de răcire 1 de ventilare	35	26,7
2 de răcire 2 de ventilare	35	30

Baldachine

Pentru medii tropicale, în condiţii în care soarele este la zenit şi radiaţia solară este intensă, un baldachin este indispensabil. Baldachinul poate fi construit pe acoperişul cabinei pe distanţoare de spaţiere lăsînd un spaţiu de cel puţin 5 cm sau poate fi ca o unitate adiţională, întins peste acoperiş şi de asemeni reţinut de distanţiere.

Totuşi trebuie subliniat că în condiţii de aer liniştit un baldachin fixat pe acoperiş nu este prea eficient, în particular dacă spaţierea dintre baldachin şi acoperiş este mai mică decît 5 cm. Eficacitatea unui baldachin depinde de o bună circulaţie de aer prin această spaţiere.

Caracteristicile legate de transport

Montarea pe vehicol

Nici vehicolul nici cabina nu au o structură complet rigidă. Un şasiu de vehicol este destinat a se îndoi în special în torsionare.

Figura 10.16 prezintă o ramă de şasiu tipică unui vehicul, numită în mod obişnuit cadru cu scară. Această structură este proiectată pentru a rezista la îndoire de-a lungul lungimii dar va permite o deplasare torsională limitată. Dacă şasiul ar fi fost rigid toate deplasările oscilante datorate tractării peste suprafeţele neregulate ar fi trebui să fie amortizate în blocurile suspensiei. Ar fi fost necesare mişcări de pînă la 38 cm iar asemenea mişcări mari în blocurile suspensiei sînt impracticabile. În cazul cînd cabina s-ar fixa direct la un şasiu de vehicul, la fiecare colţ al acestuia, cabina ar fi supusă la forţele de deformare transmise de la vehicul şi în mod inevitabil cabina se va deteriora datorită acestor forţe. Este de dorit a se elibera cabina de toate forţele de torsiune datorate deplasărilor oscilante ale şasiului vehicolului şi cabina să fie izolată de cea mai mare parte a mişcărilor şasiului. Aceasta se realizează prin montarea în trei puncte. Un exemplu al acestei metode este arătat în fig. 10.16.

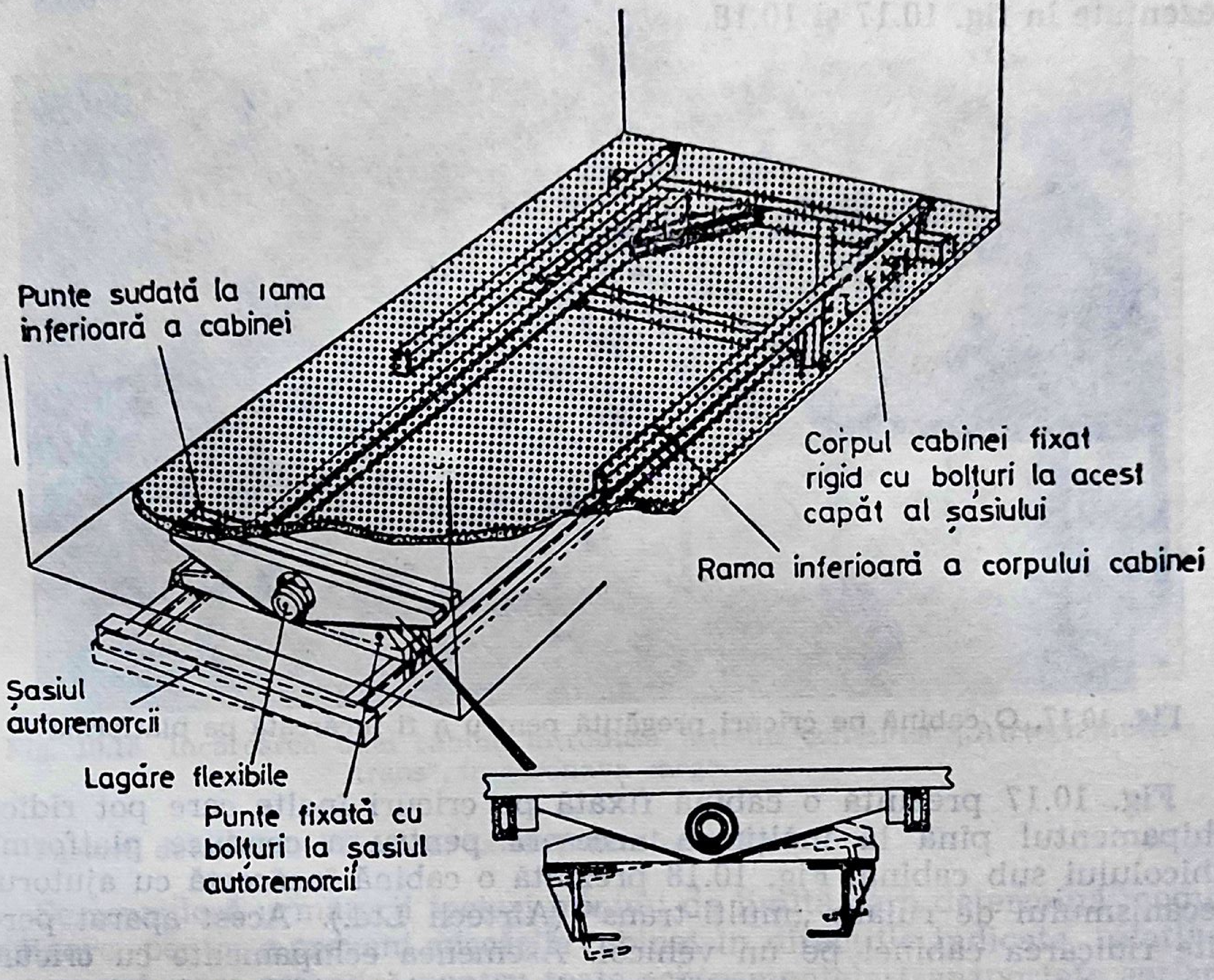

Punte sudată la rama inferioară a cabinei
Corpul cabinei fixat rigid cu bolţuri la acest capăt al şasiului
Rama inferioară a corpului cabinei
Şasiul autoremorcii
Lagăre flexibile
Punte fixată cu bolţuri la şasiul autoremorcii

Fig. 10.16. Dispozitiv de fixare în trei puncte la saşiul autoremorcii.

Punctele de legătură vehicol/cabină trebuie să fie capabile de a prelua forţele de acceleraţie rezultate experimental în timpul transportului.

Încărcarea pe vehicol

Sînt disponibile diferite metode de a încărca o cabină pe o platformă plană a unui vehicol. În mod ideal o cabină trebuie să poată fi încărcată pe un vehicol prin orice metodă dar în majoritatea cazurilor tehnicile utilizate se vor stabili de proiectantul cabinei. Două metode tipice sînt prezentate în fig. 10.17 şi 10.18.

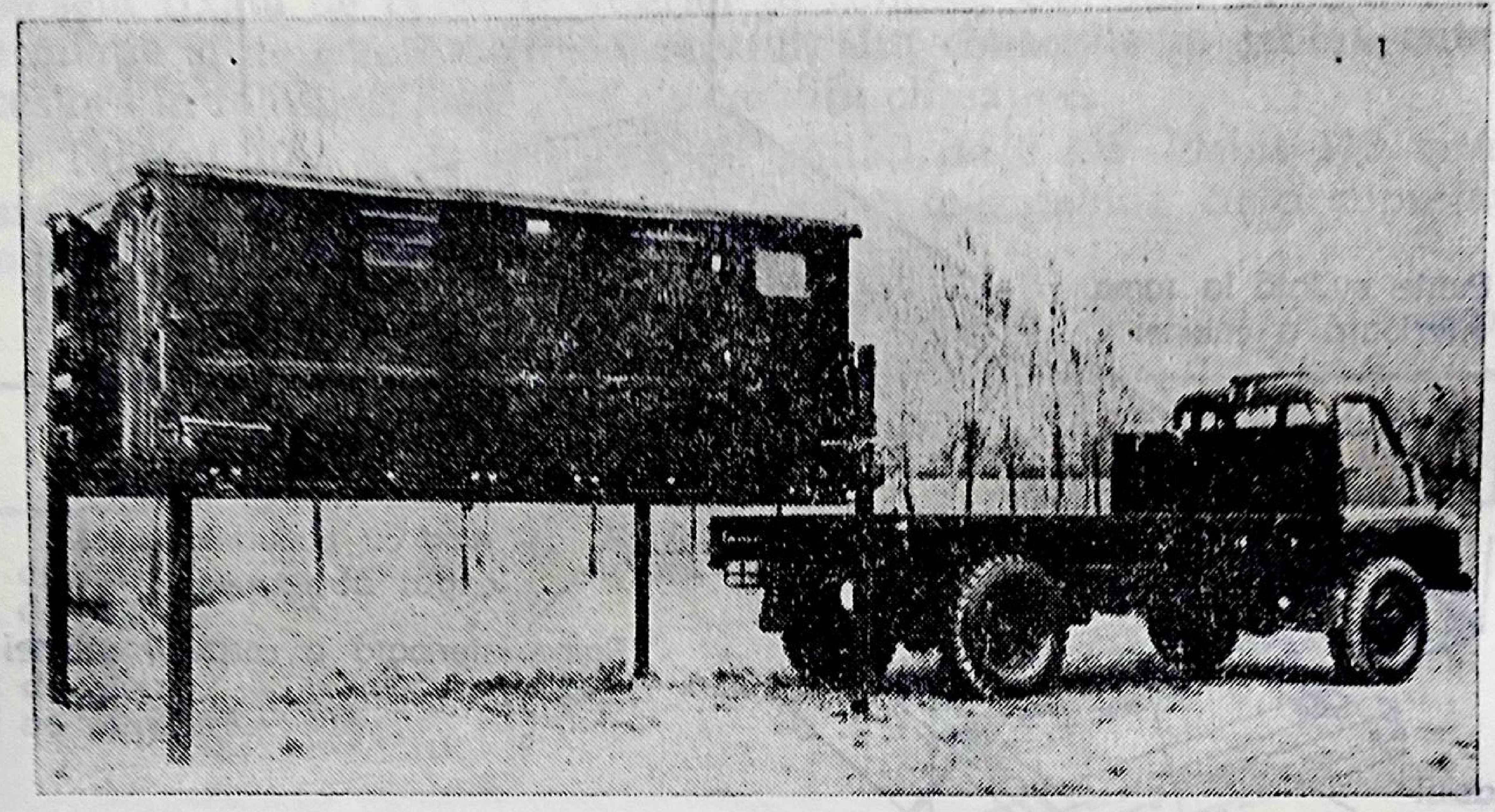


Fig. 10 17. O cabină pe cricuri pregătită pentru a fi încărcată pe platforma

Fig. 10.17 prezintă o cabină fixată pe cricuri înalte care pot ridica echipamentul pînă la înălţimea necesară pentru a conduce platforma vehicolului sub cabină. Fig. 10.18 prezintă o cabină încărcată cu ajutorul mecanismului de rulare „multi-trans“ (Airtech Ltd.). Acest aparat permite ridicarea cabinei pe un vehicol. Asemenea echipamente cu cricuri şi mecanisme de rulare necesită puncte speciale de fixare în structura cabinei de asemeni vor fi necesare unele întărituri structurale, local la punctele de fixare.

Încărcarea şi transportul cu aeronave

Tipul de aparate de încărcat aeronave numit „încărcător de transfer“ a fost deja prezentat (fig. 10.5). Acestea nu cer condiţii speciale proiectării cabinei şi în mod obişnuit sînt disponibile pentru manipularea mărfurilor la aeroporturile de expediţie şi ariile de aterizare.

Fixarea pe timpul transportului aerian

O cabină trebuie împiedicată să se mişte pe timpul cînd este transportată într-o aeronavă. Fixarea cabinei trebuie să fie adecvată şi nu trebuie să permită ca siguranța acesteia să fie hazardată în cazul unei aterizări forțate controlate.

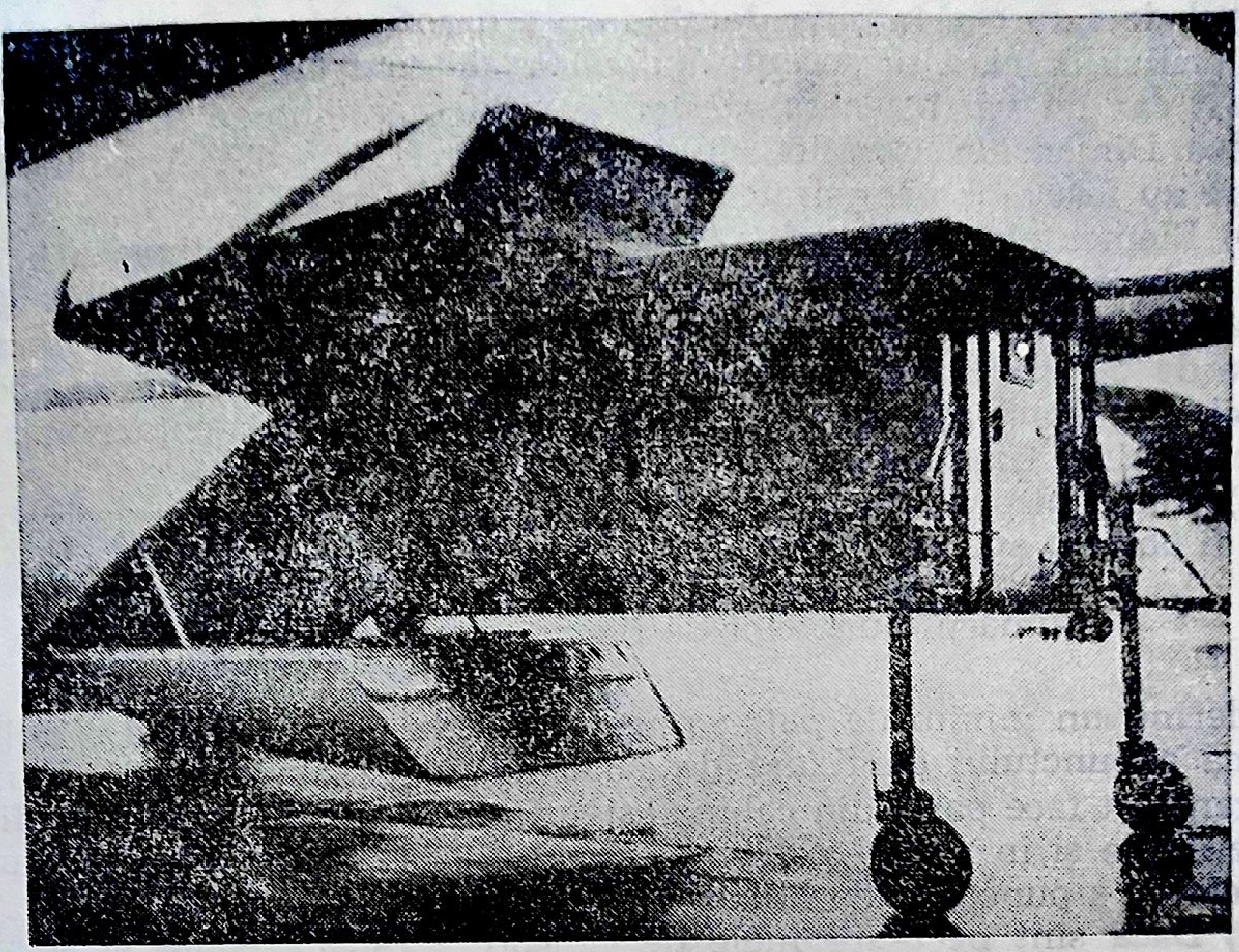


Fig. 10.18. Încărcarea unei cabine introdusă într-un conteiner „Airtech'multi-trans", în aeronava cargo.

Factorii determinînd fixarea, datorați accelerațiilor

Se consideră următorii factori minimi de limită care determină modul de fixare, pentru a preveni mișcările cabinei în direcțiile indicate, relative la aeronavă, care se aplică pentru toate echipamentele transportate aerian indiferent dacă sînt în compartimentul cargo sau a echipajului:

Înainte	4,0 g
Vertical (sus)	2,0 g
Vertical (jos)	4,0 g
Lateral	1,5 g
Înapoi	1,5 g

Accelerațiile, în direcția „înainte" și „lateral" se vor considera ca acționînd împreună sau separat. Nu este necesar ca echipamentele interne să fie proiectate considerînd acești factori restrictivi. Practica inginerească normală este acceptabilă pentru componentele și ansamblele în interiorul echipamentului dar elementele de fixare externă sau ansamblele montate în interiorul cabinei — dacă acestea cîntăresc peste 22,7 kg — nu trebuie să se rupă sau să se desprindă datorită acestor forțe.

Asigurarea elementelor de fixare la podea

a) Dacă cabina este proiectat în mod special pentru a se potrivi la sistemul de fixare prin şina de ghidare a aeronavei va fi necesară asigurarea orificiilor care să accepte buloanele de centrare a şinei de ghidare. În acest caz nu va fi necesară asigurarea elementelor de fixare a cabinei la podea. Dimensiunile critice ale standardelor M.B. şi S.U.A. pentru şinele ghidare au fost deja prezentate în fig. 10.4.

b) Elementele de fixare a cabinei necesare pentru fixarea în aeronavă trebuie să fie proiectate ca să accepte echipamentul de ancorare standard al aeronavei. Ele trebuie să fie capabile să suporte un număr de ancore de o rezistenţă mai mică decît rezistenţa elementului de fixare a cabinei, sau două ancore de o rezistenţă egală cu rezistenţa nominală a elementului de fixare aplicat în direcţia opusă.

c) Numărul punctelor de fixare necesar a fi realizat pe un echipament poate fi obţinut aplicînd formula:

$$\text{Numărul punctelor de fixare} = \frac{12 \times \text{greutatea cabinei}}{\text{rezistenţa fixării}}$$

considerînd un minim de patru puncte de fixare la o sarcină şi o limită minimă a punctului de fixare de 4 536 kg, în uzanţa normală. Punctele de fixare pot face parte din cabina asigurîndu-se ca acestea să fie suficient de rezistente şi în poziţii potrivite. Fig. 10.19 prezintă o aranjare tipică a ancorelor şi a punctelor de fixare.

d) Dacă sînt necesare inele de ridicare acestea trebuie să se potrivească la punctele de fixare, dacă acestea există.

e) Fiecare punct de fixare trebuie să aibe rezistenţa proiectată permiţînd ca acestea să reziste la sarcina lor nominală aplicată prin ancore sub orice unghi accesibil.

f) Pentru a ajusta ancorele aeronavei la deschiderea liberă minimă a elementelor de fixare acestea nu trebuie să fie mai mici decît specificaţiile din tabelul următor.

O piesă de fixare a cabinei proiectată specific va fi făcută din bara rotundă şi va trebui să aibe un diametru minim al secţiunii transversale nu mai mic de 11 mm iar diametrul maxim al secţiunii transversale nu trebuie să fie mai mare decît cel specificat în tabela 10.8 în corespondenţa cu capacitatea portantă a acesteia.

Tabela 10.8

Criteriile constructive pentru elemente de fixare ale echipamentului

Capacitatea portantă (tone)	Deschiderea liberă minimă (mm)	Diametrul minim al secţiunii transversale (mm)	Diametrul maxim al secţiunii transversale (mm)
2,27	50,8	11	11
4,54	50,8	11	16
11,34	76,2	11	22,4

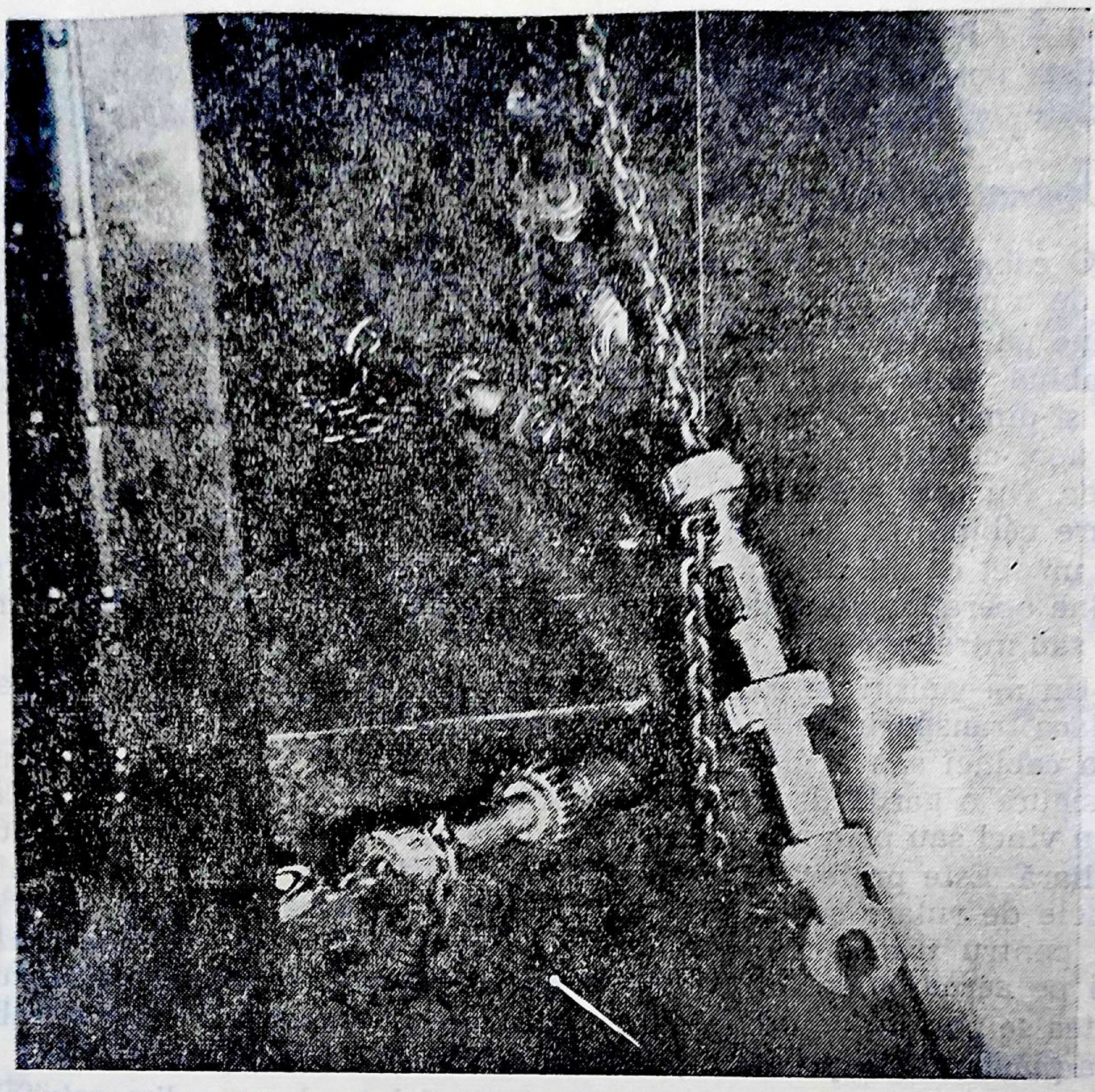


Fig. 10.19. Ancorările tipice pentru asigurarea unei cabine prin fixare de pe podea.

Sarcinile suspendate în exterior

Cabinele destinate a fi transportate prin suspendare în exterior vor include puncte de suspensie după cum urmează:

a) poziționate cît mai departe de și de preferință deasupra centrului de greutate;

b) în așa fel ca direcția de încărcare în fiecare punct să se găsească între verticală și un unghi de 60° de la verticală spre centrul de greutate al echipamentului. (Acesta va permite un unghi inclus de maxim 120° la vîrful de atîrnare).

Punctele de suspensie trebuie să reziste forțelor datorate unor accelerații de maxim:

a) 4 g pentru suspensie într-un singur punct;

b) 2 g pentru fiecare punct de suspensie în mai multe puncte.

Este posibil de a utiliza părți ale cabinei drept puncte de suspensie. Punctele de suspensie trebuie marcate în mod distinct: „Agață aci".

Mecanisme de rulare

O cabină cu un mecanism de rulare separat prezintă avantaje certe față de o cabină permanent montată pe o remorcă, de ex. o cabină poate rămîne pe loc în timp ce mecanismul de rulare se utilizează în alte parte. O cabină avînd demontat mecanismul de rulare este considerabil mai ușor și dimensiunile ei de gabarit sînt reduse. Astfel cabina poate fi mutată apoi cu alte mijloace de transport de exemplu cu ajutorul unui elicopter. Nu este esențial a include un set de mecanism de rulare pentru fiecare cabină din sistem. Se poate economisi spațiul din aeronavă utilizînd un set de mecanism de rulare pentru mai multe cabine. Cabinele pot rămîne operaționale și pe timpul cînd mecanismul de rulare este în reparații sau întreținere.

Un mecanism de rulare trebuie să poată fi ușor atașat la cabina sau la placa transportoare și trebuie să încorporeze un dispozitiv pentru ridicarea cabinei sau a plăcii transportoare de pe sol la poziția de rulare și să asigure o gardă de sol corespunzătoare. El poate fi acționat hidraulic, cu un vinci sau prin alte metode manuale care nu necesită sursa de putere auxiliară. Este preferabil să poată fi operat de către un singur om. Mecanismele de rulare se împart în două grupe de bază și anume cele destinate pentru transport pe drumuri și terenuri și altele destinate uzului local pe aerodroame. În interiorul acestor grupe de mecanisme de rulare acestea se pot din nou divide între cele care se atașează pe laturile cabinei sau a plăcilor transportoare și cele care se atașează la capete.

Mecanismele de rulare care se atașează lateral cresc dimensiunea de gabarit laterală. În regulamentarea circulației apar destricții pentru lățimea unei remorci (în acest caz pentru lățimea împreună cu mecanismele de rulare atașate lateral) care la rîndul lor vor limita lățimea proiectată a cabinei la o valoare de ordinul a 170 cm.

Mecanismele de rulare atașabile la capete afectează lungimea remorcii în cazul transportului pe șosea dar întrucît regulamentele de circulație pe șosele ale majorității autorităților nu conțin restricții severe pentru lungimea de gabarit a remorcii, acest lucru este mai puțin important. Totuși mecanismele de rulare atașate la capete trebuie uneori să fie îndreptate pentru a permite deschiderea ușii cabinei.

Se mai poate adăuga la tipurile de mai înainte mecanismul „Multi Trans" fabricat de Airtech Ltd. Acesta este un mecanism de rulare atașat la fiecare colț al cabinei care cuprinde un dispozitiv de încărcare în avion sau remorca de camion. El a fost menționat anterior în contextul metodelor de încărcare în vehicol sau aeronavă.

Regulamentele de circulaţie

Deşi s-au făcut eforturi pentru a standardiza regulamentele diferitelor ţări privind vehicolul (în special frînarea), regulamentele existente în lume diferă. Mai jos se dă o indicaţie sumară a regulamentelor şi limitărilor probabile. În unele ţări vehicolelor militare li se acordă unele privilegii excluzîndu-le din prevederile unor regulamentări, dar aceasta nu se întîmplă în Marea Britanie. Limitările de gabarit corelate cu încărcarea în aeronave a fost discutate anterior în acest capitol. Cerinţele probabile pentru lumini sînt: lumini laterale, faruri frontale, lumini indicatoare laterale, faruri laterale, lumini de spate, lumini de frînă, lumini intermitente de direcţie, faruri de spate, lumini pentru iluminarea plăcii numărului de circulaţie, a indicatorului de remorcă şi lumina de convoi. Există restricţii care privesc poziţia şi dimensiunea tuturor acestor lumini. Vehicolele militare utilizate în M.B. au cerinţe speciale pentru aripile roţilor. Restricţiile privind vehicolele sînt din cînd în cînd modificate şi de aceea se va consulta autoritatea cea mai indicată pentru a obţine informaţia cea mai recentă.

Frînele sînt necesare la fiecare roată şi trebuie să fie capabile să exercite o frînare combinată de 0,5 g. O frînă de parcare manuală trebuie să acţioneze cel puţin două roţi şi trebuie să poată reţine remorca în poziţia staţionară pe o pantă de 1 : 6,25.

Un sistem de frînare general nu poate fi folosit pentru remorcile care depăşesc greutatea totală mai mare de 3 555 kg. Frînele pneumatice sau pneumatic/hidraulice trebuie să funcţioneze într-un sistem cu trei căi cuprinzînd situaţii de funcţionare în serviciu, caz de urgenţă şi funcţii auxiliare ca mai jos:

Funcţionare în serviciu — acţionată cu frîna de picior în vehicolul tractor.

Caz de urgenţă — ca şi pentru în serviciu dar în paralel şi acţionat la defectarea căii de funcţionare în serviciu (acţionat de o supapă releu).

Funcţii auxiliare — acţionate manual de la vehicolul tractor cu un control separat de pe căile de funcţionare, de serviciu şi urgenţă şi de asemeni de la sistemul de frînare a vehicolului tractor.

Construcţia

Mecanismul de rulare trebuie să fie în concordanţă cu regulamentele locale de trafic. Construcţia sa trebuie să fie similară cu o remorcă obişnuită şi el trebuie să corespundă de asemenea cerinţelor militare şi operaţionale inclusiv de ridicare şi coborîre a cabinei sau a paletei transportoare, consideraţiilor de greutate minimă, rezistenţă la condiţii de extreme de mediu şi să fie capabil să ruleze pe orice fel de terenuri. Mecanismele de rulare trebuie să aibe dispozitive pentru o rapidă ataşare la cabină. Secţiunile mecanismului de rulare trebuie să poate fi ataşate unele de altele pentru a permite mecanismului de rulare să fie remorcat fără cabină și de asemeni să poată fi stivuite pentru depozitare.

Mecanismele de rulare pentru teren trebuie să fie proiectate pentru sarcini ale accelerației verticale de 3 g cu un factor de siguranță de 2 deci pentru un factor de rezistența total, la proiectare de 6 g.

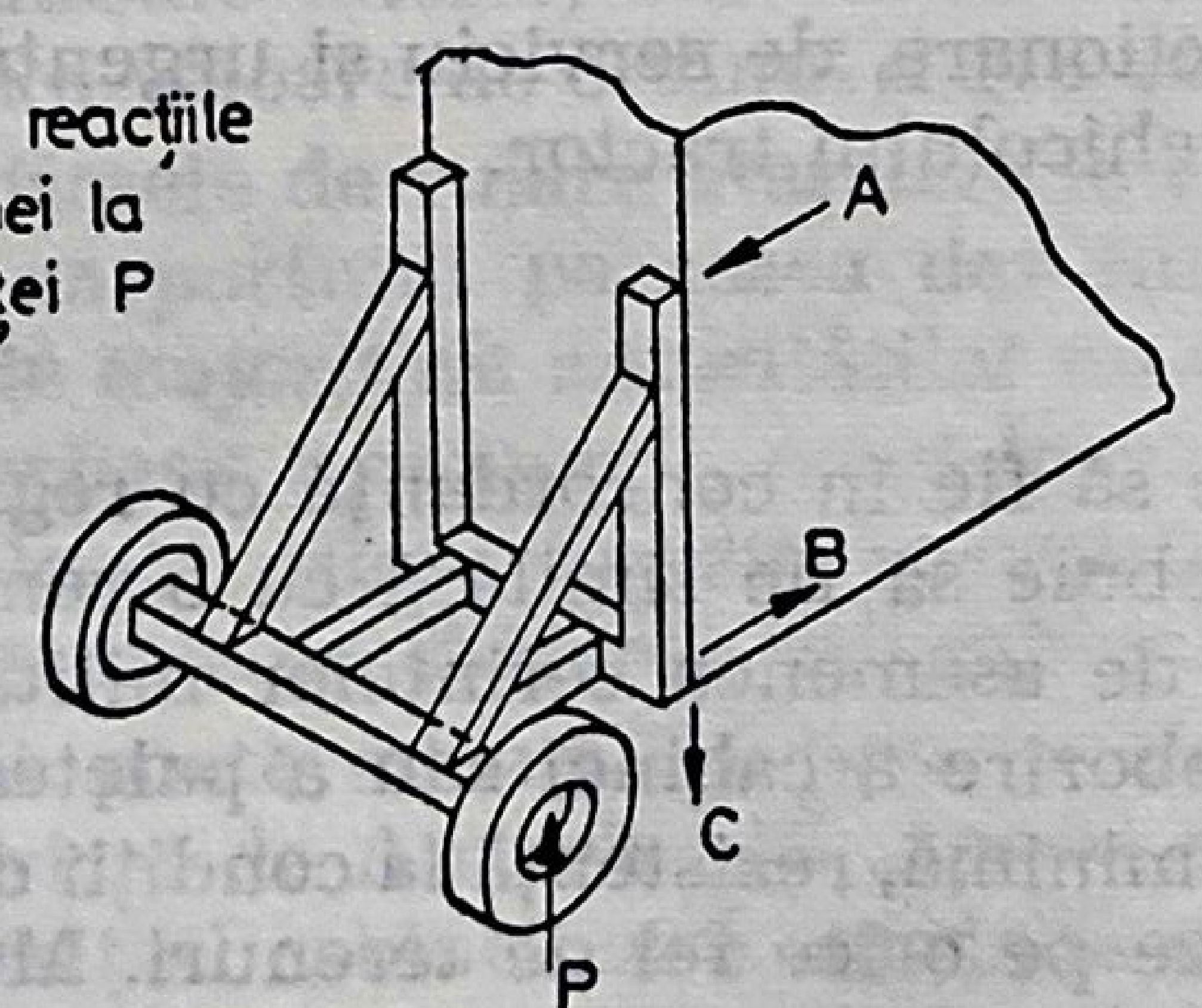
Suspensia

Echipamentele în folosință comună includ sistemele de amortizare hidraulice sau cu aer sau amortizoare cu cauciuc. Nu există date evidente că suspensiile independente au avantaje clare față de axe rigide. Amortizarea cu ajutorul dispozitivelor de absorbție a șocurilor este esențială pentru transportul pe teren sau pe șosea.

Garda la sol pentru mecanismele de rulare de teren trebuie să fie de cel puțin de 43 cm iar pentru aerodroame sau suprafețe rigide, de 15 cm. Pentru mecanismele de rulare care au mai mult de două roți trebuie să se considere dimensiunile rampelor de încărcare ale aeronavelor. Ele trebuie să poată ataca rampe de aproximativ 160° dar aceasta va varia în funcție de tipul rampei și va depinde de lungimea cabinei sau paletei transportoare. Înălțimea de la sol a inelului de remorcare trebuie să poată fi ajustată între 40 cm și 114 cm.

Metodele hidraulice de ridicare și coborîre a unei cabine sînt de preferat datorită vitezei și ușurinței de utilizare și cu o întreținere periodică minimă echipamentele hidraulice destinate acestui scop se vor păstra în condiții eficiente de lucru. Toate mecanismele trebuie să poată lucra și atunci cînd sînt acoperite de noroi, nisip, apă sau nămol. Mecanismul de rulare complet încărcat trebuie să reziste vibrațiilor întîlnite în aeronavele civile și militare așa cum s-a descris mai înainte în acest capitol.

Încărcăturile de dezechilibru de 5% lateral și 10% în față și spate trebuie să fie evitate.



A,B și C sînt reacțiile asupra cabinei la acțiunea forței P

Fig. 10.20. Mecanism de rulare atașat la capătul peretelui.

Punctele uzuale pentru atașarea mecanismelor de rulare sînt sau pereții verticali sau podeaua. Se preferă fixarea mecanismelor de rulare pe tălpile cabinei ca parte componentă a structurii podelei. Pentru atașarea la capete, forțele aplicate la elementele de fixare trebuiesc preluate de colțurile cabinei, lăsînd pereții să preia forțele orizontale A și B cum se prezintă în fig. 10.20.

Mecanismele de rulare care se atașează la tălpi sau la podea includ lagăre sau știfturi pentru a transfera forțele la structura cabinei. Acestea au un mare avantaj față de atașarea verticală la pereții de capăt prin faptul că pot fi de asemenea utilizate cu paletă transportoare fără o altă suprastructură. Centrarea lagărelor sau a știfturilor de obicei se face în pereții laterali ai cabinei și podeaua ca și tălpile vor prelua sarcinile de reacție de la mecanismul de rulare. Tălpile rigide reduc săgeata podelei care trebuie să se limiteze la 2,5 mm în centrul podelei la o încărcare de 1 g. Figura 10.2 prezintă un exemplu de mecanism de rulare cu lagăre montate la o cabină telescopică. Pereții laterali ai cabinei vor fi supuși unor forțe de forfecare verticală foarte mari iar podeaua și tălpile pot fi susținute în continuare prin adăugarea de bare transversale fixate la capătul inferior al pereților laterali (fig. 10.21).

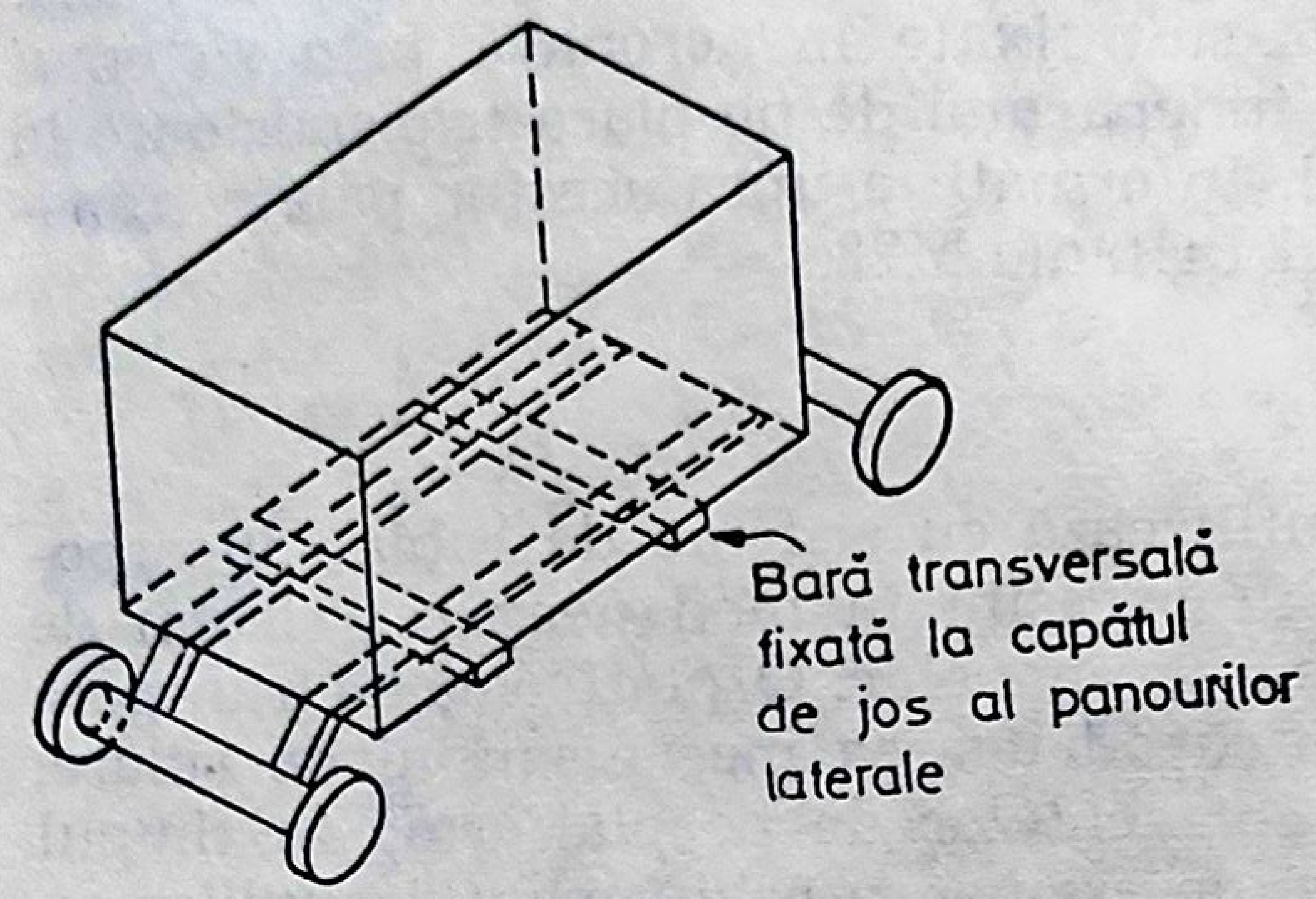

Bară transversală fixată la capătul de jos al panourilor laterale

Fig. 10.21.

Mecanismele de rulare atașate lateral necesită asigurarea punctelor de așezare și a elementelor de prindere pe muchiile inferioare ale pereților laterali ai cabinei și/sau pe muchiile structurii podelei. Sarcinile de pe mecanismele de rulare atașate lateral sînt transmise direct la muchiile laterale ale podelei cabinei și la pereții laterali ai cabinei. În acest caz nu mai apar probleme în ce privește încovoierea podelei datorită sarcinilor mecanismului de rulare.

Paletele transportoare

Diferitele tipuri de palete transportoare utilizate pentru transportul aerian al echipamentului sînt paletele transportatoare pentru lansare aeriană, palete transportatoare pentru mărfuri și platformele de transport. Deoarece multe cabine pentru echipamente electronice vor fi amplasate împreună cu echipament auxiliar ca de exemplu, unități pentru aer condiționat și generatoare electrice, transportate pe un tip de palete transportoare sau pe altul, se prezintă mai jos cîteva comentarii asupra proiectării acestora.

Paletele transportoare pentru lansare aeriană

Acestea sînt construcții solide care vor purta echipamente ancorate, în vederea lansării cu parașuta din avion. Sînt de obicei nereutilizabile și pentru acest motiv se pot face dintr-un material de preț scăzut ca de exemplu, lemnul. Ele includ materiale absorbante de șoc de tip deformabil (un exemplu îl constituie materialele în fagure).

Paletele transportoare pentru mărfuri

Acestea sînt palete transportoare cu suprafaţă plată care pot fi utilizate pentru aproape orice tip de încărcătură. Ele trebuie să fie uşoare şi să aibă piese ataşate pentru ancorarea încărcăturii cu benzi sau plase. Paletele transportoare de mărfuri sînt fixate în aeronavă prin sistemul de bare de ghidare iar marfa este îndepărtată de pe placa transportoare la punctul de destinaţie al aeronavei. Informaţii asupra acestor palete transportoare pot fi găsite în standardul Britanic M28.

Platforme de transport

Cel mai des platformele se utilizează cu sisteme de cabine încorporînd echipament electronic. Ele nu necesită în mod neapărat sistem de şine de ghidare pentru transport al aeronavelor. O platformă de transport include întotdeauna elemente pentru adăugarea mecanismului de rulare. Nu este necesară descărcarea echipamentelor de pe platformă în timpul utilizării operaţionale a acestora şi de asemenea echipamentul auxiliar ca ventilatoare, generatoare şi unităţile pentru aer condiţionat pot fi transportate şi puse în funcţie de platforme de transport.

Criterii de proiectare

Fiecare paletă transportoare trebuie să fie capabilă să suporte sarcina ei maximă de proiectare. Cînd este supusă acceleraţiei paleta transportoare trebuie să poată transmite forţele acceleraţiei rezultante sistemului de amortizare şi prin el structurii aeronavei. Suporturile trebuie să fie uşoare şi să aibă o suprafaţă de aşezare care este ori plată ori are tălpi care să se potrivească la podeaua aeronavei. Partea superioară trebuie să fie plată numai în cazul cînd personalul calcă pe ea.

Majoritatea platformelor de transport au o suprastructură care este utilizată pentru a susţine echipamente uşoare ca tuburile de aer, cabluri, deasupra echipamentelor grele ca generatoare şi unităţile de aer comprimat. Suprastructura trebuie utilizată pentru întărirea şi rigidizarea platformei de transport în special cînd se utilizează mecanismul de rulare şi cînd această metodă poate reduce considerabil greutatea totală a platformei. În cazul transportului cu elicopterul este important pentru a asigura stabilitatea, de a agăţa cablul de ridicare în cel mai înalt punct posibil. Rezultă că atunci cînd platforma de transport include o suprastructură elementele de prindere a cablurilor pentru ridicare trebuie să fie montate pe barele superioare ale suprastructurii.

Ridicare, utilizarea cricurilor şi ancorare

Cabinele rigide vor necesita probabil dispozitive pentru ridicare şi cricurile cu şurub sînt cele mai potrivite. Cricurile pot fi folosite pentru a ridica cabinele pe teren neamenajat permiţîndu-se o pantă maximă de 1 : 10. Cricurile trebuie să fie capabile să modifice nivelul cabinei complet încărcate dar în practica uzuală cabina se ridică cu o încărcătură uşoară. Cricurile trebuie să fie suficient de rezistente pentru a suporta o cabină complet încărcată cu echipament şi operatori şi ca o regulă generală, momentele produse de un vînt cu o viteză de 160 km/oră, considerînd o distribuţie uniformă a sarcinii create de vînt. Cricurile trebuie să fie uşor demontabile şi să fie de preferinţă presate la colţuri. Ele trebuie montate asigurînd suprafaţa suficientă pentru repartizarea sarcinii. Presiunea sarcinii nu trebuie să depăşească 960 mb/m^2.

În cazul cînd cabina este asigurată prin frînghie de ancorare pentru a rezista rafalelor de vînt ce depăşesc 160 km/oră, forţele rezultante trebuie preluate de cricuri şi de structura asociată proiectată în consecinţă.

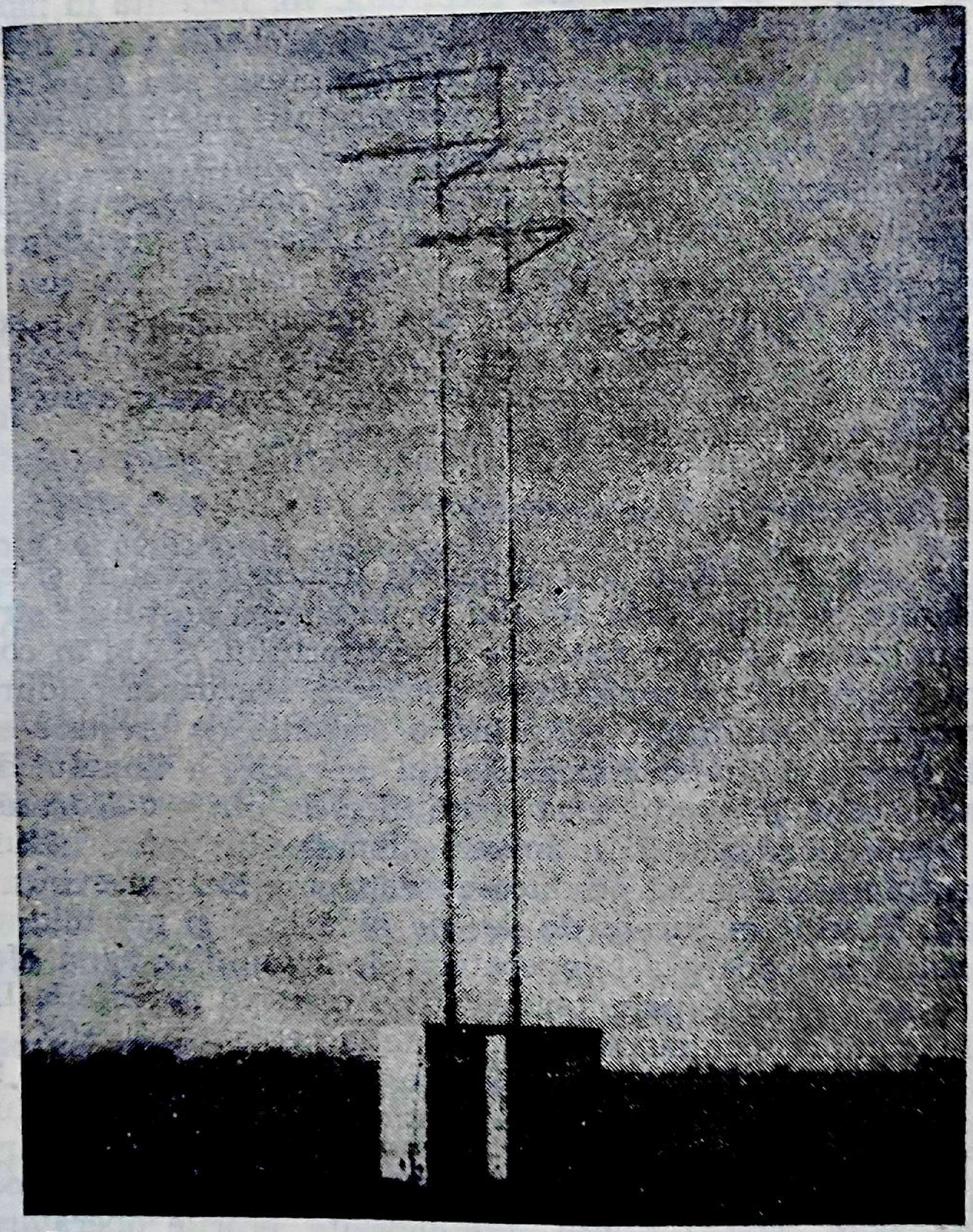


Fig. 10.22. Antene cu pilon montate la o cabină radio şi stabilizate prin cabluri de ancorare.

Uneori se cere ataşarea unei antene la structura cabinei. Pentru a evita sarcinile excesive care s-ar transmite punctului de fixare, datorate vîntului, va fi necesară utilizarea unei configuraţii de cabluri de ancorare la pilonul antenei. Figura 10.22 prezintă o asemenea configuraţie. Trebuie amintit că sarcinile tensionare în cablurile de ancorare se transmit ca forţe de compresiune în pilonul antenei şi în punctul ei de fixare de pe cabină. În mod frecvent sînt utilizate scări pentru a asigura accesul la racordurile aeriene. Asemenea scări pot fi fixate permanent de structura cabinei.

Condiţionarea aerului

Cabinele conţinînd echipament electronic vor necesita în mod invariabil alimentare pentru realizarea ventilării şi probabil va fi necesară asigurarea unui curent de aer rece de la un compresor sau o unitate de condiţionare a aerului pentru a menţine temperatura ambiantă cerută pentru unele componente electronice din interiorul echipamentului.

În scopul determinării mărimii alimentării necesare, este desigur necesar ca proiectantul de cabină să aibă unele cunoştinţe preliminare asupra mediului cel mai probabil în care va staţiona cabina. Mai mult, dacă în interiorul cabinei vor lucra operatori este aproape cert că un serviciu de aer condiţionat va fi necesar pentru a menţine în interiorul cabinei un nivel de confort adecvat pentru operator. Unele explicaţii asupra nivelului pe confort pentru operator sînt prezentate mai jos.

Nivelul de confort pentru operator

Eficienţa operatorului a fost subiectul multor cercetări şi este necesară a se asigura condiţionarea aerului în parametri destul de strînşi dacă se cere minimizarea erorilor datorate disconfortului. Se ia în considerare temperatura împreună cu umiditatea deoarece evacuarea căldurii umane scade cu creşterea umidităţii rezultînd o senzaţie de creştere a căldurii fără o reală urcare a temperaturii. Efectul de răcire a fluxului de aer nu trebuie condus pînă la producerea condiţiilor de confort deoarece oricum operatorul poate fi adăpostit în spatele display-ului sau al altui echipament. Viteza mare a aerului produce curenţi care în mod evident trebuie să fie evitaţi. Totuşi un curent de aer de pînă la 6 m per minut va produce o senzaţie de scădere a temperaturii de 2 sau 3°C; acest efect realizează cea ce se cunoaşte prin temperatura efectivă corectată. Domeniul condiţiei de confort pentru operator este acceptat a fi 20°C la 27°C. Totuşi dacă temperatura exterioară depăşeşte 44°C se permite ca temperatura interioară să crească pînă la maximum 30°C, cînd temperatura exterioară a ajuns la 52°C. Umiditatea relativă asociată (u.r.) nu trebuie să depăşească 60% cu un nivel de proiectare optim de 50% u.r. Experienţele au arătat că dacă aceste condiţii sînt depăşite, erorile operatorului vor creşte brusc.

Unitatea de aer condiţionat şi distribuţia aerului

Sistemele de aer condiţionat deservind de exemplu, un complex de prelucrare a datelor la un radar pot folosi un număr de unităţi identice montate pe palete de transport, conectate la cabină (cabine) prin conducte flexibile sau unităţile de aer condiţionat pot fi ataşate la pereţii cabinei.

Fiecare unitate de aer condiţionat este montată astfel ca condensatorul să primească aerul din exterior, iar evaporatorul să furnizeze condiţiile cerute în interiorul cabinei. Performanţele unei unităţi de aer condiţionat sînt infinit variabile şi depind în întregime de temperatura şi umiditatea aerului pe care îl primeşte. Performanţele sînt în consecinţă specifice pentru un anumit mediu dat. Cantitatea de căldură extrasă măsurată în jouli/secundă constă dintr-o parte a regimului de căldură aparentă şi o altă parte a regimului de căldură latentă, proporţia depinzînd de temperatura şi umiditatea aerului. Proiectantul trebuie să acorde pe cît este posibil performanţele unităţii(lor) de condiţionare la sarcină, luînd în considerare atît căldura aparentă cît şi căldura latentă la condiţiile specifice. O eroare uzuală este aceea de a acorda capacitatea totală a unităţii(lor) de aer comprimat (adică capacitatea latentă plus aparentă) numai la sarcina căldurii aparente şi a omite toleranţa pentru regimul de căldură latentă care este inclusă în capacitatea totală a unităţii(lor) de aer condiţionat.

În cabinele adăpostind echipamentul electronic şi operatori proporţia căldurii aparente este în mod obişnuit mai mare de cît conţinutul de căldură latentă, excepţionînd cazul cînd numărul operatorilor depăşeşte opt. Pierderile de transpiraţie umană care, reprezintă o sarcină a căldurii latente pot deveni semnificative.

Cînd echipamentul electronic este instalat în cabine mici, va fi necesară răcirea chiar cînd temperatura exteriorului coboară la —15°C deoarece suprafaţa cabinei va fi probabil insuficientă pentru a disipa căldura generată de echipament. Unităţile de aer condiţionat pot începe să îngheţe la 10°C şi mai jos şi va acţiona termostatul de dezgheţ cauzînd creşterea temperaturii din interiorul cabinei peste nivelul specificat. Dacă este necesar a se lucra la un nivel constant de temperatură, o parte a fluxului de aer prin condensator trebuie să fie obturată pentru a ridica temperatura de refrigerare şi presiunea înaintea locului de amplasare a termostatului de dezgheţare. Aceasta se poate realiza prin fixarea unei plăci de obturare articulată care poate avea şi funcţia de a diviza aerul de răcire a condensatorului „intrare“ de aerul „evacuare“ şi adiţional a preveni recirculaţia aerului, care dacă ar avea loc ar duce la scăderea performanţelor la temperaturi înalte. Multe cabine incluzînd sisteme trebuie să fie capabile de a opera în condiţii de deşert ceea ce necesită asigurarea unităţii de condiţionare a aerului cu un orificiu de aspiraţie bine etanşat şi prevăzut cu filtru astfel ca aerul care intră în cabină să nu poată trece decît prin filtru. Trebuie reamintit că este necesară asigurarea cabinelor cu un orificiu de evacuare cu un filtru de o dimensiune potrivită pentru a nu reţine circulaţia aerului proaspăt prin cabină. Aripioare ajustabile verticale şi orizontale plasate pe orificiul de evacuare al evaporatorului vor permite direcţionarea după necesitate a fluxului aerului de răcire.

Filtrele de aer

Deschiderile în cabină, altele decît uşile şi chipengurile, trebuie să fie asigurate cu filtre de aer pentru a opri sau restrînge intrarea nisipului, a prafului şi a termitelor. Deschiderile pentru dispozitivele aerului condiţionat nu necesită filtre deoarece unităţile de aer condiţionat debitează aer filtrat. Mărimea particulelor de praf se află în domeniul de dimensiuni de 0,005 mm la 0,02 mm iar particulele de nisip pînă la 0,4 mm. Filtrele de aer reprezintă, uzual, un compromis între obţinerea unui flux maxim de aer şi o minimă pătrundere de praf.

Filtrele trebuie să fie ignifuge şi să reziste atacului termitelor şi a creşterii de mucegai. Ele trebuie să fie uşor de îndepărtat şi de spălat. Filtrele trebuie să conţină sau să fie dublate cu o plasă metalică pentru a opri intrarea păsărilor sau a animalelor mici care îşi pot face drum prin ciocănirea sau consumarea materialului. Filtrele disponibile actual sînt făcute din spume sintetice, sită sau din lînă ori din combinaţia acestor materiale. Un material foarte bun este spuma sintetică turnată în jurul unei site din aluminiu.

Tubulatura

Tubulatura trebuie să fie inclusă ca o parte integrală a structurii cabinei, prin aceasta în afara asigurării canalelor de aer se creşte rezistenţa şi rigiditatea cabinei. Trebuie considerată şi posibilitatea utilizării barelor goale care să servească drept conducte de aer. Cînd se utilizează tubulatura flexibilă legată la o unitate de aer condiţionat exterioară, lungimea tubulaturii trebuie să fie minimă pentru a limita o pierdere excesivă de presiune a fluxului de aer. Finisarea tubulaturii exterioare se va face în culoare albă pentru a reduce încălzirile datorate mediului ambiant.

Finisările interioare şi iluminarea

Consideraţiile următoare se aplică la iluminarea pentru întreţinerea echipamentului şi la iluminarea specială pentru cabine care conţin echipamente de afişaj (display-uri) pe tub catodic (de exemplu cabinele de display pentru radar).

Finisările

În toate cazurile finisarea interioară trebuie să fie mată în afara cazului cînd utilizatorul specifică altfel.

a) În cazul cînd nu sînt instalate echipamente de afişare cu tub catodic, culoarea utilizată, deşi nu este o condiţie esenţială, trebuie să fie neutră pentru a nu absorbi lumina şi pe cît posibil trebuie să se armonizeze cu echipamentul instalat. În cazul cînd echipamentul este gri sau cafeniu deschis culoarea potrivită pentru interiorul cabinei va fi un gri conform standardului Britanic 2660 9-093 cît mai deschis pentru a da iluzia spaţiului.

b) În cazul cînd este inclus un echipament de afişare pe tub catodic reflexia luminii de pe pereţi şi de pe tavan trebuie să fie minimă. Iluminarea lipsită de spectrul galben este obţinută utilizînd filtre care absorb frecvenţele luminii în banda spectrului culorii de galben. Pentru asigurarea condiţiilor ideale suprafeţele de perete şi de tavan care se află în faţa echipamentului de afişare trebuie să fie colorate în albastru închis (Conform standardului Britanic 2660 7-085) (a se vedea de asemenea cap. 4).

Cînd există posibilitatea operatorul va privi spre o suprafaţă mai deschisă pentru a reduce orice efect de claustrofobie. Dacă aceste suprafeţe mai deschise au unele surse de iluminare filtrate, pereţii şi tavanul trebuie să fie coloraţi în gri sau în albastru (conform standardului Britanic 2660 9-093, 7-081 sau 7-082). Dacă aceasta nu este posibil întrucît cabina conţine numai echipamente de afişare (display-uri) pentru radar orientate în diferite direcţii, trebuie să se ajungă la un compromis utilizînd în plan general o culoare ca de exemplu un albastru (conf. standardului Britanic 2660 7-081 sau 7-082) cu unele zone vopsite în albastru închis.

Poziţionarea corpurilor de lumină

Corpurile de lumină pentru deservirea echipamentului trebuie să fie poziţionate ca să dea cea mai bună iluminare posibilă a echipamentului iar pentru ariile unde acest lucru nu este posibil se vor asigura lămpi de mînă. Trebuie amplasate suficiente corpuri pentru a furniza o iluminare cu o intensitate de 200 la 250 lumeni/m² pe suprafeţele de lucru. Cînd sînt adăpostite echipamente de afişare pentru radar şi se utilizează un sistem de iluminare lipsit de spectrul galben, poziţionarea corpurilor de lumină pentru iluminarea generală este un factor esenţial.

Uși, deschideri, etanșări pentru intemperii, materiale pentru etanșare

Uși

Ușile articulate în balamale sînt utilizate în mod obișnuit deoarece sînt simple, sigure în funcționare, pot fi etanșate eficient împotriva intemperiilor și pot include elemente pentru ecranarea de r.f. Se obișnuiește, în scopuri de rigidizare, a se monta trei balamale la ușile cabinei. Aceste balamale trebuie să fie întotdeauna de tipul cu autoaliniere pentru a putea potrivi abaterile de poziționare datorate toleranțelor de fabricație.

Ușile glisante utilizează mai puțin spațiu decît ușile batante și în mod cert aduc mai puține neplăceri în prezența unui vînt. Totuși o etanșare completă împotriva intemperiilor și o ecranare la r.f. a ușilor glisante este nepractică și pentru acest motiv aceste uși trebuie evitate.

Elementele de fixare și montare a ușilor

Pentru prevenirea distorsiunii ușii în poziția ei închisă și pentru a asigura comprimarea suficientă a garniturii ușii se utilizează un mecanism de zăvorire în trei puncte (a se vedea fig. 11.11). În unele cazuri se prezintă specificații privind zăvoarele „spărgătoare de gheață“ care sînt necesare pentru a forța deschiderea ușii din poziția strîns închisă atunci cînd suprafața exterioară este îmbrăcată în gheață. Aceasta se realizează prin utilizarea bolțurilor îndoite de închidere așa cum se arată în fig. 10.23. Atunci cînd bolțurile sînt retrase cu ajutorul mecanismului manual de închidere a ușii, momentul creat de bolț forțează deschiderea înceată a ușii, suficientă pentru a sparge orice îmbrăcăminte de gheață din jurul ușii.

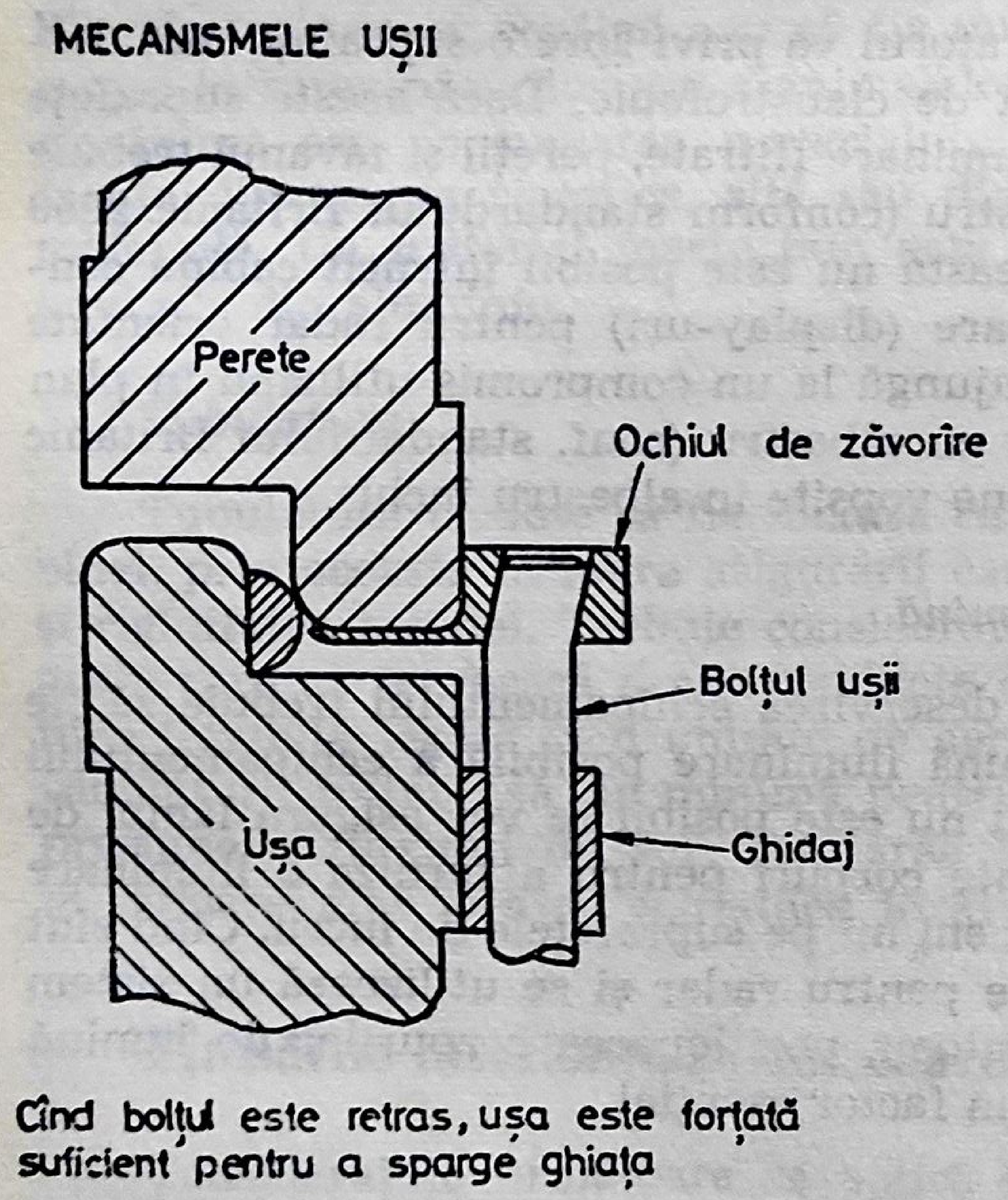

MECANISMELE UȘII
Perete
Ochiul de zăvorîre
Bolțul ușii
Ușa
Ghidaj
Cînd bolțul este retras, ușa este forțată suficient pentru a sparge ghiața

Fig. 10.23. Secțiune printr-un bolț al unei închizători cu trei bolți spărgătoare de gheață.

Ușile trebuie să poată fi zăvorîte strîns atît pentru asigurarea protecției personalului cît și a securității echipamentului. Ușile zăvorîte trebuie să poată fi eliberate din interior.

Cordoane de reţinere şi braţul uşii

Costul elementelor de montare este relativ mic iar inconvenientele cauzate prin defectarea elementelor de construcţie secundare sînt considerabile. Pentru cordonul de reţinere se recomandă pielea de viţel cu inserţie de oţel. Un capăt al cordonului de reţinere trebuie să poată fi uşor eliberat pentru a permite deschiderea uşii cu 180° pentru o deschidere totală.

Părţile glisante ale braţelor telescopice necesită întreţinere şi se alege un material constructiv care să evite corodarea.

Garniturile uşii şi ale deschiderilor

Acestea trebuie să reziste tuturor condiţiilor de mediu. Cauciucul siliconic este un material pentru garnituri foarte bun. El se poate obţine incluzînd şi un material de umplere din carbon în scopul ecranării r.f. Garniturile se aplică pe uşă şi nu pe marginea deschiderii unde este mai susceptibilă deteriorării. Este esenţial a se asigura construcţia cu bare care să aibă canale pentru suportul garniturilor. Materialul garniturii „lipit“ fără a fi introduse în canal este supus defectărilor datorate greşelilor de poziţionare şi mişcărilor. O garnitură plasată în colţul unei structuri de cabină este mai puţin supusă deteriorării sau poziţionării greşite (fig. 10.24, a).

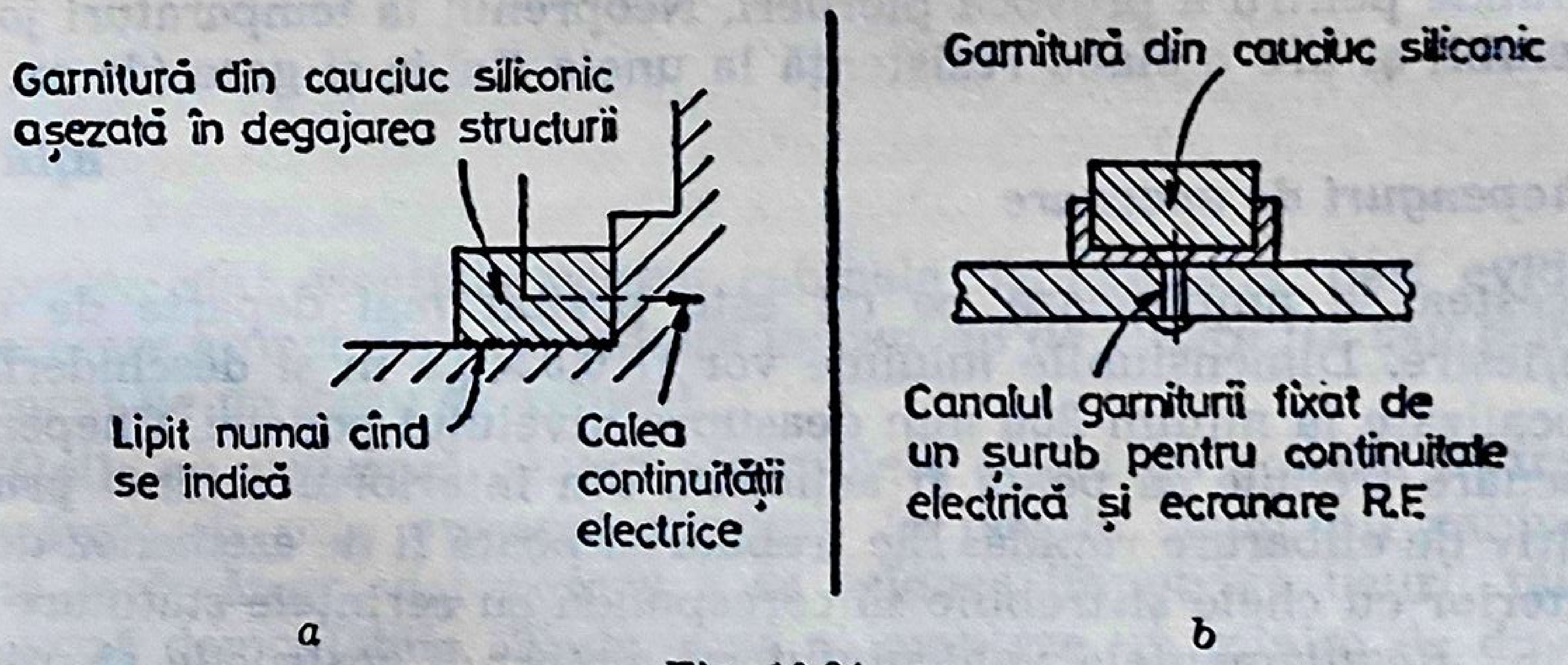

Garnitură din cauciuc siliconic aşezată în degajarea structurii
Lipit numai cînd se indică
Calea continuităţii electrice
Garnitură din cauciuc siliconic
Canalul garniturii fixat de un şurub pentru continuitate electrică şi ecranare R.F.
a
b

Fig. 10.24.

Materiale de etanşare

În toate tipurile de construcţii de cabine se cere un material de etanşare eficace pentru îmbinări de panou, învelişuri etc. Există numeroase materiale de asamblare dar cele care sînt potrivite pentru construcţia cabinei sînt relativ puţine. Acestea trebuie:

a) să fie eficace într-un domeniu larg de condiţii de mediu aşa cum au fost anterior prezentate incluzînd rezistenţa la apa sărată şi la imersie în apă;

b) să adere la variate materiale utilizate în construcţia cabinei, de ex. lemn, aliaje de aluminiu, oţel, materiale plastice;

c) să fie suficient de fluide pentru a fi aplicate la o mare varietate a îmbinărilor (suprapuneri, filtre etc.) care apar în diferite situaţii dar să fie în acelaşi timp suficient de vîscoase pentru a preveni „scurgerea“.

d) să aibă un timp de uscare scurt;

e) să fie rezistente la orice alt fluid cu care cabina intră în contact de ex. vopsele, diluanţi şi curăţitori de vopsea, grăsime, lichide hidraulice, acid de baterie, uleiuri, petrol, carburant de aviaţie etc.

Materialele de etanşare dintr-o componenţă sînt mai uşor şi mai economic de utilizat decît cele din două. Astfel lista materialelor de etanşare potrivite se reduce la următoarele clase de materiale: siliconice, butilice, nitrilice, polisulfidice şi neopren. Variatele produse ale materialelor de etanşare care se fabrică deşi sînt descrise în termeni similari diferă în practică considerabil. Sînt necesare teste pentru a stabili dacă materialul ales este cel mai potrivit. Materialele siliconice sînt de departe cele mai bune materiale de etanşare. Ele sînt scumpe, dar dacă se utilizează un material mai ieftin se pot pierde bani mai tîrziu încercînd în repetate rînduri a localiza şi astupa pierderile etanşării care survin cînd cabina este în exploatare. Polisulfidele se usucă foarte încet. Nitrilicele sînt bune dar sînt puţin prea fluide pentru filete. Butilicele crapă după o lungă expunere la temperatura extremă cu toate că crăpăturile nu sînt suficient de profunde pentru a provoca pierderi. Neoprenul la temperaturi joase nu este flexibil şi are o slabă rezistenţă la unele fluide şi gaze (de ex. ozon).

Chepenguri de evacuare

Acestea se amplasează pe cît este posibil mai departe de uşa de intrare/ieşire. Dimensiunile minime vor fi 0,5×0,5 m şi deschiderile trebuie localizate la minim 200 mm deasupra nivelului podelei. Chepengurile de evacuare trebuie să poată fi acţionate din interiorul cabinei printr-un dispozitiv de eliberare rapidă. Ele trebuie să poată fi de asemenea deschise din exterior cu cheie şi trebuie să corespundă cu cerinţele statutare specificate în „Regulamentele vehiculului cu motor“ (Construcţie şi utilizare) ale M.B. nr. 473/58, 382/59 şi 675/66.

Ataşarea vestibulului

La deschiderile uşilor unde se cere o ataşare de vestibul sau cuplarea la o altă cabină, în cadrul proiectării se includ elemente de fixare pentru asemenea combinaţii. Un exemplu este arătat în fig. 10.25. Acest tip de vestibul este fixat la o bară de metal profilat cu canal care este fixată permanent în jurul deschiderii uşii. Un cablu de tensionare din jurul fiecărui capăt al vestibulului este plasat în această bară cu canal.

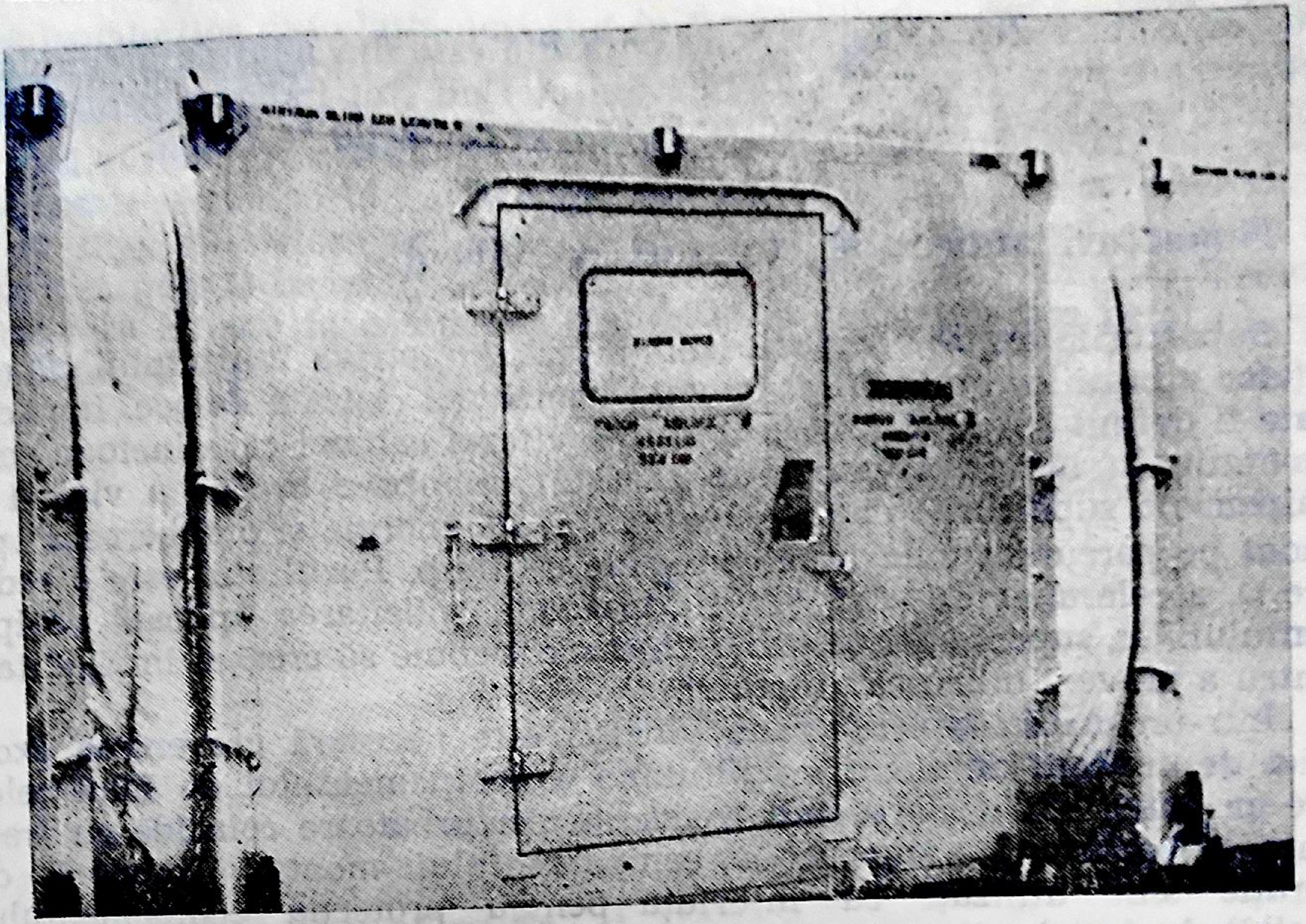


Fig. 10.25. Cabine rigide Airtech cuplate împreună cu vestibule flexibile (Airtech Ltd).

Tălpi

Acestea sînt esenţiale pentru cabinele demontabile, deşi evident nu sînt necesare atunci cînd cabina are mecanism de rulare fix sau este fixată permanent pe un şasiu de vehicul.

Tălpile se utilizează pentru a completa structura podelei în transportul încărcăturii prin ataşarea acestora la părţile structurii cabinei care suportă încărcătura, dar pentru a se asigura împotriva uzurii tălpile se proiectează demontabile. Trebuie să se monteze un minim de două tălpi dar este de dorit un număr mai mare. Ele se extind la 50 mm sub cabină iar lăţimea lor trebuie să fie astfel ca sarcina suportată de tălpi cînd cabina este complet încărcată şi se află pe o suprafaţă plană, să nu depăşească 3 600 N/m^2. La fiecare capăt tălpile se formează în aşa fel ca să asigure „conducerea“ pentru a putea încărca şi manipula cabina. Tălpile trebuie să fie suficient de rezistente pentru a preveni deformarea permanentă cînd o cabină complect încărcată este susţinută de două role de 5 cm plasate sub fiecare talpă.

Distanţa dintre tălpi trebuie să se potrivească oricărui sistem de manipulare cu role sau fixării mecanismelor de rulare dar altfel, distanţarea nu este critică. O construcţie potrivită este din aliaj de aluminiu de secţiune adecvată (ex. în T). Barele din oţel nu sînt indicate pentru tălpi deoarece corodează atunci cînd finisarea de protecţie se şterge.

Suporturi antişoc şi izolatori de vibraţie

Suporturile antişoc asigură izolaţia atît împotriva impactului cît şi a forţelor vibraţiilor de înaltă frecvenţă tranzitorii cauzate de şoc. Impactul poate fi definit ca o schimbare bruscă a vitezei cabinei care include echipamentul. În loc de a transmite această schimbare bruscă a vitezei la echipament, suporturile antişoc înmagazinează energia şi o eliberează apoi gradat pe parcursul unei lungi perioade de timp. Rezultatul este o reducere a acceleraţiei de vîrf şi în consecinţă solicitarea aplicată echipamentului. Un suport antişoc sub deformare trebuie să crească în rigiditate pentru a preveni o bruscă „turtire".

Într-un mediu generator de vibraţii este necesară prevenirea excitaţiei de oscilaţii de mare amplitudine a echipamentului de felul celor care ar putea lua naştere cînd frecvenţa perturbatoare coincide cu frecvenţa la rezonanţă naturală, a echipamentului montat. Izolatorii de vibraţie sînt utilizaţi ca interfaţă pentru protecţia echipamentului sensibil de forţele dinamice şi mişcări ale mediului de vibraţie. Funcţia lor este de a atenua vibraţia imprimată prin mijlocirea caracteristicilor lor de elasticitate şi amortizare controlată. În căutarea suporturilor pentru o aplicaţie specifică inginerul trebuie să determine doi factori majori şi anume greutatea totală a echipamentului electronic care trebuie protejat şi frecvenţa critică la care se doreşte protecţia maximă. Primul determină mărimea sarcinii statice pe care fiecare izolator trebuie s-o suporte iar al doilea va determina alegerea frecvenţei naturale a izolatorului. Se va transmite echipamentului vibraţia maximă cînd frecvenţa perturbatoare coincide cu frecvenţa naturală a izolatorului montat.

Tipuri de suporturi antişoc şi de izolatori (a se vedea fig. 10.26)

Elastomeri

Elementele active sînt elastomerii prezentîndu-se sub forma cauciucului natural sau sintetic. La proiectarea unui izolator se impune tensionarea iniţială a elastomerului prin compresie sau forfecare. Elastomerii au avantajul de a putea fi formaţi în diferite forme şi dimensiuni creînd un asortiment variat corespunzînd aplicaţiilor individuale. Rigiditatea lor poate să varieze şi ea în limite largi şi ei pot fi lipiţi la inserţii metalice pentru fixarea la echipament.

Deşi elasticitatea elastomerilor le face să fie materiale ideale pentru izolatori de vibraţii, ei au limitări în privinţa temperaturii şi tensionării mecanice. Extremele aproximate ale temperaturii stabile pentru majoritatea izolatorilor din elastomeri sînt în domeniul de —50° la 150°C. O expunere la un domeniu mai larg de temperaturi poate duce în prezența unei tensionări la fisuri ca și la schimbarea caracteristicilor. Supuse unor tensiuni reversibile continue care duc la amplitudini de deformație mari, elastomerii se comportă inițial bine, dar tind să-și modifice caracteristicile lor de tensiune/deformare după o perioadă de timp. Cînd se alege un elastomer pentru izolatori se recomandă a limita deformarea lor la aproximativ 20 la sută în compresie și sub 50 la sută forfecare pentru a asigura o funcționare continuă, sigură.

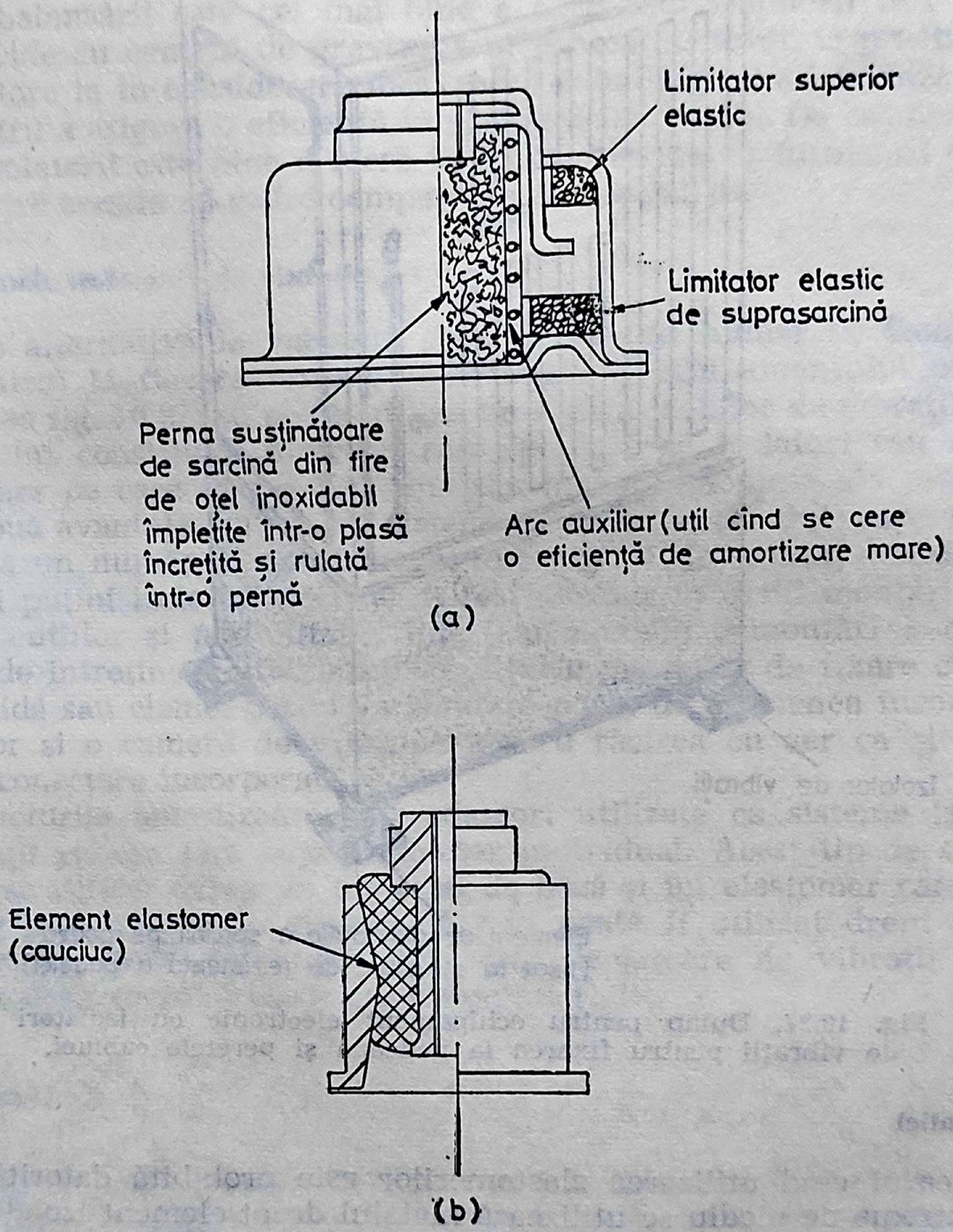

Limitator superior elastic
Limitator elastic de suprasarcină
Perna susținătoare de sarcină din fire de oțel inoxidabil împletite într-o plasă încrețită și rulată într-o pernă
Arc auxiliar (util cînd se cere o eficiență de amortizare mare)
(a)
Element elastomer (cauciuc)
(b)

Fig. 10.26. a) Exemplu de izolator de vibrații (elemente de tip metalic); b) Exemplu de izolator de vibrații (element de tip elastomer).

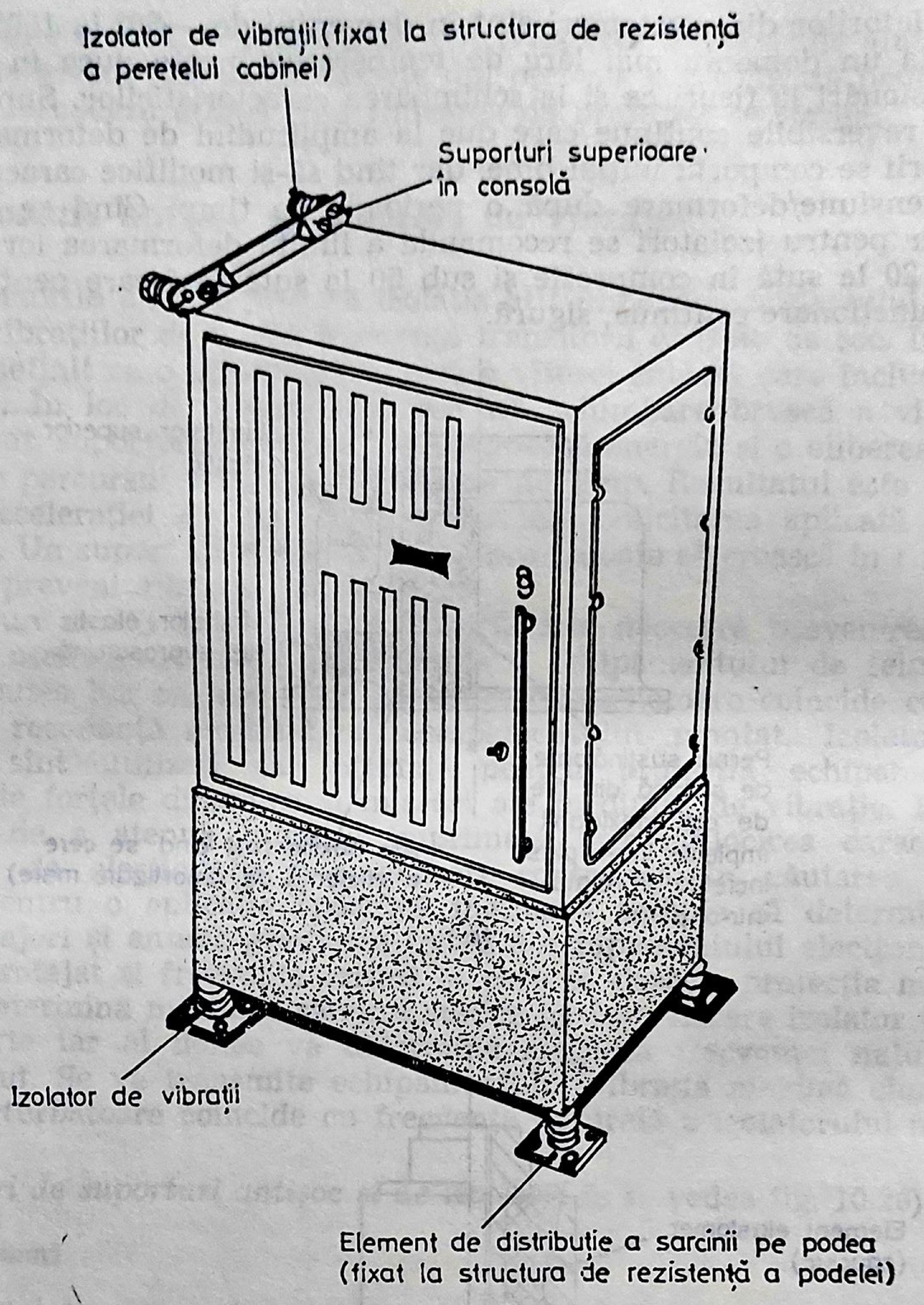

Izolator de vibrații (fixat la structura de rezistență a peretelui cabinei)
Suporturi superioare în consolă
Izolator de vibrații
Element de distribuție a sarcinii pe podea (fixat la structura de rezistență a podelei)

Fig. 10.27. Dulap pentru echipament electronic cu izolatori de vibrații pentru fixarea la podeaua și peretele cabinei.

Metalici

În cazul cînd utilizarea elastomerilor este prohibită datorită condițiilor extreme de mediu se utilizează metalul drept element izolator activ, obișnuit sub forma de arcuri, cablu sau țesătură. Arcurile pot fi încărcate prin tensionare sau compresie și este posibilă proiectarea unei largi game de configurații pentru a realiza rigiditatea dorită de-a lungul și perpendicular pe axul izolatorului. Ansamblul izolatorului poate consta dintr-un singur arc sau un număr de arce mai mici montate în diferite poziții.

Izolatorul de tip cu cablu este construit din cablu împletit din oțel inoxidabil, tensionat între bucșe metalice și este în mod obișnuit bobinat în formă de elice. Acest tip de izolator își realizează caracteristica de răspuns la vibrații prin factori de proiectare ca diametrul cablului, numărul de împletituri, lungimea cablului și înfășurarea cablului.

Îs scopul evitării apariției momentelor și a deplasării echipamentului datorate balansării este cel mai bine a se monta izolatorii într-un plan care coincide cu centrul de gravitație al echipamentului. O practică bună de proiectare ia în considerare localizarea izolatorilor încă în faza de prototip pentru a asigura o eficientă integrare a sistemului. De asemenea cînd se aleg izolatorii este bine a lucra în contact strîns cu furnizorii deoarece mulți dintre aceștia au cadre competente de specialiști.

Sistemele izolatoare de vibrații

Ca o alternativă la varianta de a monta un număr de izolatori (de obicei patru) la fiecare unitate individuală a echipamentului electronic (a se vedea fig. 10.27) se poate utiliza un sistem izolator de vibrații. Aceste sisteme sînt constituite dintr-un raft sprijinit pe izolatori sau un șasiu de montare pe care se pot fixa una sau mai multe piese ale echipamentului. Două avantaje majore ale sistemului de acest tip sînt: capacitatea de a suporta un număr de „cutii negre“ pe o bază de montaj comună utilizînd mai puțini izolatori decît ar fi fost necesar în cazul montării individuale a cutiilor și posibilitatea unei convenabile demontări a cutiei în scopuri de întreținere utilizînd dispozitivele mecanice de fixare cu deblocare rapidă sau cleme. Șasiul de montare poate de asemenea încorpora un ventilator și o cameră de presiune pentru răcirea cu aer ca și cablajul de interconectare incorporat.

Structurile amortizoare sînt adeseori utilizate ca sisteme izolatoare de vibrații cu sau fără suport izolator individual. Acest tip de structură este un stratificat avînd un material de bază și un elastomer care devine un amortizor efectiv de vibrații. Acesta poate fi utilizat drept material de structură pentru șasiurile sistemelor izolatoare de vibrații sau ca suport al dispozitivelor electronice montate rigid.

Stocarea

Este o cerință generală, mai ales la o cabină care face parte dintr-un sistem care constă din cîteva cabine, a asigura locuri de stocare în interiorul structurii pentru articole de echipament care pot fi îndepărtate sau repuse în cabină în timpul utilizării operaționale. Astfel de articole pot fi scaunele operatorului, cricurile de ridicare, antene de radio și altele.

Podeaua cabinei este poate cea mai bună structură pentru a fi utilizată în asigurarea pozițiilor de stocare. Lista articolelor de depozitat va depinde de suprafața disponibilă de podea. Greutatea echipamentului și factorii „g“ vor încărca podeaua și vor fi necesare calcule suplimentare ale rezistenței podelei pentru astfel de sarcini adiționale. Punctele care trebuie luate în considerare în proiectarea stocării echipamentului sînt:

a) metodele de asigurare a articolelor care vor fi stocate de ex. inele de legare, puncte rigide;

b) metode de legare a articolelor la punctele fixe de pe podea de ex. centuri de pe aeronave, frînghii și plase;

c) oricînd este posibil echipamentul care va fi supus stocării se va proiecta pentru stocare fără a-i adăuga elemente structurale speciale;

d) distribuția greutății va fi astfel ca să mențină centrul de greutate în limite proiectate;

e) ordinea în care se încarcă și se descarcă echipamentul care va fi stocat în cabină;

f) restricții de greutate pentru echipamentul ce va fi stocat; se va considera ca greutatea maximă a echipamentului să nu depășească posibilitățile a doi oameni de a-l urca.

g) metodele adoptate trebuie să permită o rapidă punere în funcție;

h) manipularea mecanică a echipamentului în sau în afara cabinei utilizînd o macara gruie în exterior sau un monorai în interiorul cabinei;

i) instrucțiuni de asamblare și identificare a echipamentului și poziția lor pe podea în interiorul cabinei.

Dacă poziția ideală a echipamentului pentru operare dă un centru de greutate asimetric, acesta poate fi adesea corectat prin poziționarea adecvată în timpul transportului a materialelor de stocat.

Finisări

Tipurile de finisări care sînt de obicei luate în considerare sînt emailuri și lacuri bazate pe rășini sintetice (numite mai departe finisări sintetice) rășina epoxi și vopselele bazate pe poliuretan. O compoziție de vopsire realizînd reflexia căldurii solare, care prezintă avantaje evidente în tropice, utilizează o vopsea poliuretanică specială ca strat exterior peste un strat inferior alb. Numărul și tipul straturilor va depinde de posibilitățile de pregătire a suprafeței și de recomandările producătorului de vopsea dar este de dorit ca ori și ce schemă să includă cel puțin două straturi de grund și un strat superior de vopsea peste suprafața pregătită inițial. Pregătirea suprafeței poate fi un tratament chimic ca de exemplu o fosfatare, acoperire galvanică cu cadmiu sau zinc sau pulverizarea unui grund de corodare. În cazul maselor plastice armate cu sticlă, pentru pregătirea suprafeței se indică a se utiliza o metodă abrazivă.

Finisările sintetice nu oferă protecția nici durata de serviciu și durabilitate ca rășinile epoxidice și poliuretanul. De asemenea ele sînt slab rezistente la solvenţii utilizaţi la curăţire şi la alte fluide cu care pot veni în contact. Unele materiale de finisare sintetice conţin compuşi fenolice şi cînd sînt utilizate pe componente acoperite cu cadmiu sau zinc şi menţinute în atmosfera închisă din interiorul cabinei pot fi alterate prin formarea unei pulberi albe la suprafaţă. Avantajul finisărilor sintetice: este simplă în utilizare, finisările sintetice pot fi aplicate în condiţiile majorităţii vopsitoriilor ca şi afară în aer liber.

Finisările epoxidice prezintă o foarte bună durabilitate, oferă o bună aderenţă la suprafaţă şi protecţie împotriva coroziunii. Sînt de asemeni rezistente la majoritatea solvenţilor şi fluidelor care se întîlnesc în mod obişnuit în exploatare. Un dezavantaj al finisării epoxidice este deteriorarea suprafeţei în condiţii de climat tropical, cunoscută drept „cretare" („chalking"). Aceasta nu afectează proprietăţile ei de protecţie dar este nedorit în special cînd stratul de finisare trebuie să fie corectat după o accidentare mecanică.

Sistemul de finisare cu poliuretan constă în aplicarea unui strat superior de poliuretan peste un grund epoxidic. Este superior altor sisteme prin aceea că oferă o rezistenţă completă la solvenţi incluzînd lichidul de curăţire bactericid, combustibil de aeronavă şi lichidele de scurgere a bateriilor. Este de asemenea mai dur, păstrează mai bine culoarea, are o rezistenţă la abrazivitate sporită, şi nu reţine murdărie pe suprafaţă. Este mai puţin flexibil decît epoxi şi un dezavantaj este că trebuie să fie aplicat în vopsitorii adecvat echipate cu stricta respectare a procedurii corecte de aplicare.

Diferenţa costului materialelor între diferitele sisteme este de ordinul a 5—10 lire sterline pe cabină. Multe dintre avantajele şi dezavantajele diferitelor sisteme nu se aplică suprafeţelor interioare ale cabinei şi din acest motiv este avantajos a se utiliza pentru interior un sistem care va diferi de cel utilizat în exterior.

Vopseaua reflectorizantă a căldurii solare (VRCS)

Sistemul cu vopsea reflectorizantă a căldurii solare, menţionat mai înainte, constă dintr-un strat de poliuretan special aplicat peste un substrat de epoxi alb. Stratul superior permite radiaţiilor calorice solare să treacă şi să fie apoi reflectate de stratul alb. În afara faptului de a poseda toate avantajele unui sistem poliuretanic, acesta reduce temperatura învelişului dînd posibilitatea economisirii costului şi mărimii baldachinului care altfel ar fi fost necesar. Gradul de reducere a temperaturii va depinde de materialul învelişului şi construcţia cabinei, dar va fi similar cu cel prezentat în tabelul 10.9.

Alte avantaje în utilizări militare este îmbunătăţirea camuflajului faţă de observatori care utilizează binocluri în spectrul infraroşu. O cabină vopsită în sistem reflectorizant al căldurii solare poate avea caracteristicile de reflexie (în particular în banda infraroşie) similară cu cea a ierbii, tufişurilor şi a frunzelor vegetaţiei. Acest lucru pune cabina în acord cu un

Tabela 10.9

Finisarea	Reflectanţa %	Creşterea temperaturii datorită radiaţiei solare de 9,79 W/m²	Temperatura de creştere comparată cu culoarea negru mat %
Negru mat	4	35°C	—
Luciu standard	6	33°C	pînă la 100
Verde bronz intens VRCS lucios	65	18°C	53
Verde bronz intens VRCS mat	65	18°C	53
Verde bronz intens VRCS lucios	80	10°C	34
cafeniu deschis VRCS mat	80	10°C	34
cafeniu deschis VRCS lucios alb	85	8°C	19
VRCS mat alb	85	8°C	19

astfel de fond. Compoziţiile de vopsea normale au caracteristici de reflexie care diferă considerabil de cele ale unui fond natural şi vor fi uşor de observat cu ajutorul unui dispozitiv de detecţie în infraroşii. O finisare reflectantă a căldurii solare trebuie aleasă astfel ca să asigure o culoare vizibilă similară cu fondurile obişnuite în funcţionare operaţională ca de exemplu frunze, nisip sau pămînt şi să aibă caracteristicile de reflexie cît mai apropiate de cele ale fondului operaţional.

Tabelul 10.9 prezintă comparaţii ale reflexiei şi creşterilor de temperatură datorate efectului de încălzire solară pentru diferite finisări. Sistemele reflectorizante ale căldurii solare prezintă evidente avantaje pentru aplicaţia în cazul cabinelor pentru echipament electronic.

Se va putea astfel ori reduce capacitatea, greutatea şi costul unităţilor de condiţionare a aerului, ori se vor îmbunătăţi condiţiile de operare ale personalului şi echipamentului.

Bibliografie

1. Solar heat reflecting paint schemes (1970). *Tech. Link 578*, R.R.E. Malvern (Apr.).
2. Use of special IRR paint schemes to reduce the heating effect of solar radiation (1968). *Newsletter and Research Review No. 8*, R.R.E. Malvern, 1968.
3. H. W. Markstein (1970). Electronic Packaging and Production Vibration—Designing packages for Survival', Milton S. Kiver Publication, 6, No. 5 (Oct.).
4. H. C. Shellard, *Environmental extremes in various ports of the world.* Climatological Services Branch, Meteorological Office, Bracknell.
5. Radio interference (1967). Post Office Engineering Instructions, *Publication C2201* (Aug.).

6. *The motor vehicles (construction and use) regulations.* HMSO, London.
7. *Institution of Heating and Ventilating Engineer Guide*, Section 4, p. 111, Comfort, I.H.V.E., 49 Cadogan Square, London SW1.
8. Air Publications HMSO, London.
   Air Transport Operations Manuals, AP 101A-1103-1, AP 101A-1101-1.
   Air Portability and Surface Mobility Criteria, AP 3378.
9. British Standards. BSI, London.
   Flat pallets for use in aircraft—M28.
   Fluoride/arsenate/chromate/dinetrophenol water borne wood preservatives and their application—BS 3453.
   Fire tests on building materials and structures—BS 476.
   Colours for specific purposes—BS 381C.
   Colours for building and decorative paints—BS 2660.

11

ASPECTE ELECTROMECANICE ALE SUPRIMĂRII INTERFERENȚEI RADIO ȘI METODE DE LEGARE LA MASĂ A SISTEMELOR

C. J. Richards

Interferența de radiofrecvență (IRF)

Zgomotul, definit în mod curent ca „orice sunet nedorit de către cel ce ascultă“, poate fi clasificat ca fiind nealeatoriu sau aleatoriu, prin natura sa. Zgomotul nealeatoriu, în echipamentele electronice, cuprinde și semnalele de interferență generate extern și introduse într-un circuit particular. Se pot distinge în acest caz două tipuri de interferență radio și anume interferență de radiofrecvență condusă și interferență de radiofrecvență radiată. În primul caz energia frecvenței radio se transmite de-a lungul liniei de alimentare electrică și ajunge în acest fel și în alte echipamente. În al doilea caz, echipamentul care provoacă interferența se comportă ca un mic radioemițător și „emite“ sau radiază către alte dispozitive care pot „recepționa“ această energie.

Un caz comun, care se referă la interferența de radiofrecvență condusă este cuplajul capacitiv într-un conductor care transportă energia de radiofrecvență. Această formă de interferență este importantă în cazurile în care aparate de radio, inclusiv aparate de radio portabile, sînt folosite într-un mediu care are în vecinătatea imediată conductori care transportă energie de radiofrecvență.

Zgomotul nealeatoriu poate fi de origine mecanică, de exemplu, provocat de contacte electrice defectuoase. Brumul produs de sursele de curent alternativ, care alimentează un anumit echipament, este de asemenea de natură nealeatoare. Zgomotul aleatoriu, pe de altă parte, este de obicei, de origine termică sau poate fi generat ca rezultat al unei emisii aleatorii de electroni. Zgomotul termic apare în rezistențe sau în alte dispozitive care au impedanță rezistivă sau parțial rezistivă. Emisia aleatoare de electroni (zgomotul de alice) apare ca rezultat al trecerii curentului printr-o diodă termoionică sau semiconductoare. În general, zgomotul aleatoriu nu are consecințe importante în echipamente numerice, cu toate că, ar putea apărea anumite probleme speciale în anumite circuite logice sau unități asociate, ca de exemplu memorii cu ferite, dispozitive de intrare/ieșire, convertoare analog — numerice și dispozitive de afișare.

În acest capitol sînt tratate sursele de zgomot de natură nealeatoare și se încearcă prezentarea metodelor practice deja stabilite, care sînt la dispoziția inginerilor mecanici, pentru reducerea acestui tip de zgomot în circuitele care sînt asociate cu transmiterea, recepția și prelucrarea energiei electromagnetice.

Interferența de radiofrecvență condusă

Linii de transmisie cu cablu coaxial

Într-un cablu coaxial, care este folosit ca o linie de transmisie la frecvențe scăzute, sub 50 kHz, efectul pelicular de frecvență radio este puțin important și penetrația curentului de semnal din conductorul interior al cablului spre tresa exterioară (sau ecranul solid) este așa de mare încît ecranarea prin această tresă este ineficace și trebuie prevăzută o ecranare adițională sub forma unei conducte din material de înaltă permeabilitate, cum ar fi spre exemplu, oțelul.

La 3 MHz și mai sus, penetrația semnalului din conductorul interior al cablului coaxial spre conductorul exterior este foarte slabă și ultimul poate fi folosit în două scopuri și anume ca suprafața lui interioară să transporte curentul de semnal iar suprafața lui exterioară să acționeze ca ecran. Dacă este necesară o flexibilitate a cablului, nu este potrivit un cablu cu cămașă solidă și este necesar un cablu cu tresă.

Scurgerea radiofrecvenței prin tresa exterioară a unui cablu monotresă, este mai mare ca într-un cablu cu cămașă solidă și de aceea, atunci cînd tresa exterioară trebuie să fie utilizată ca o cale de reîntoarcere a semnalului, este necesar un ecran adițional fie sub forma a încă unei trese exterioare, concentrice sau a unei conducte dintr-un material de înaltă conductibilitate ca de exemplu, cupru sau aluminiu. Tresa interioară trebuie să fie legată la masă într-un singur punct de-a lungul cablului pentru a evita formarea unor bucle de legare la masă și se poate dovedi necesară o cuplare prin transformator pentru a prevedea o cale de retur a semnalului în situația în care există mai mult de un punct de legare la masă.

Cu toate acestea, tresa exterioară (sau ecranul) trebuie să fie legată la masă cît de frecvent posibil, de-a lungul ei, în special la intrarea într-o incintă ecranată de radiofrecvență.

Cablurile ecranate constînd dintr-o pereche de fire răsucite, care sînt folosite în conexiune cu circuite de intrare și ieșire adaptate vor da o rejecție de interferență de 40 la 60 dB pînă la frecvențe la care atenuarea și capacitatea fac utilizarea cablului necorespunzătoare.

Experiența de pînă în prezent arată că în echipamentele de prelucrare a datelor, cablurile care au ecran format dintr-o singură tresă de cupru, sau folie de aluminiu sau cupru sînt cu totul satisfăcătoare, în cele mai multe cazuri, în special cînd se folosesc perechi de cabluri, sau perechi de cabluri adaptate. Dacă devine necesară o ecranare suplimentară, aceasta se poate realiza prin înfăşurarea grupurilor de cabluri cu o cămaşă formată dintr-un tub termoplast care conţine benzi metalice sau cu o meşă din ţesătură de sîrmă (fig. 11.1).

Această cămaşă asigură un grad sporit de izolare faţă de cîmpurile electrice şi magnetice. După cum s-a explicat mai înainte, proprietăţile de ecranare ale unui cablu coaxial depind de forma conductorului exte-

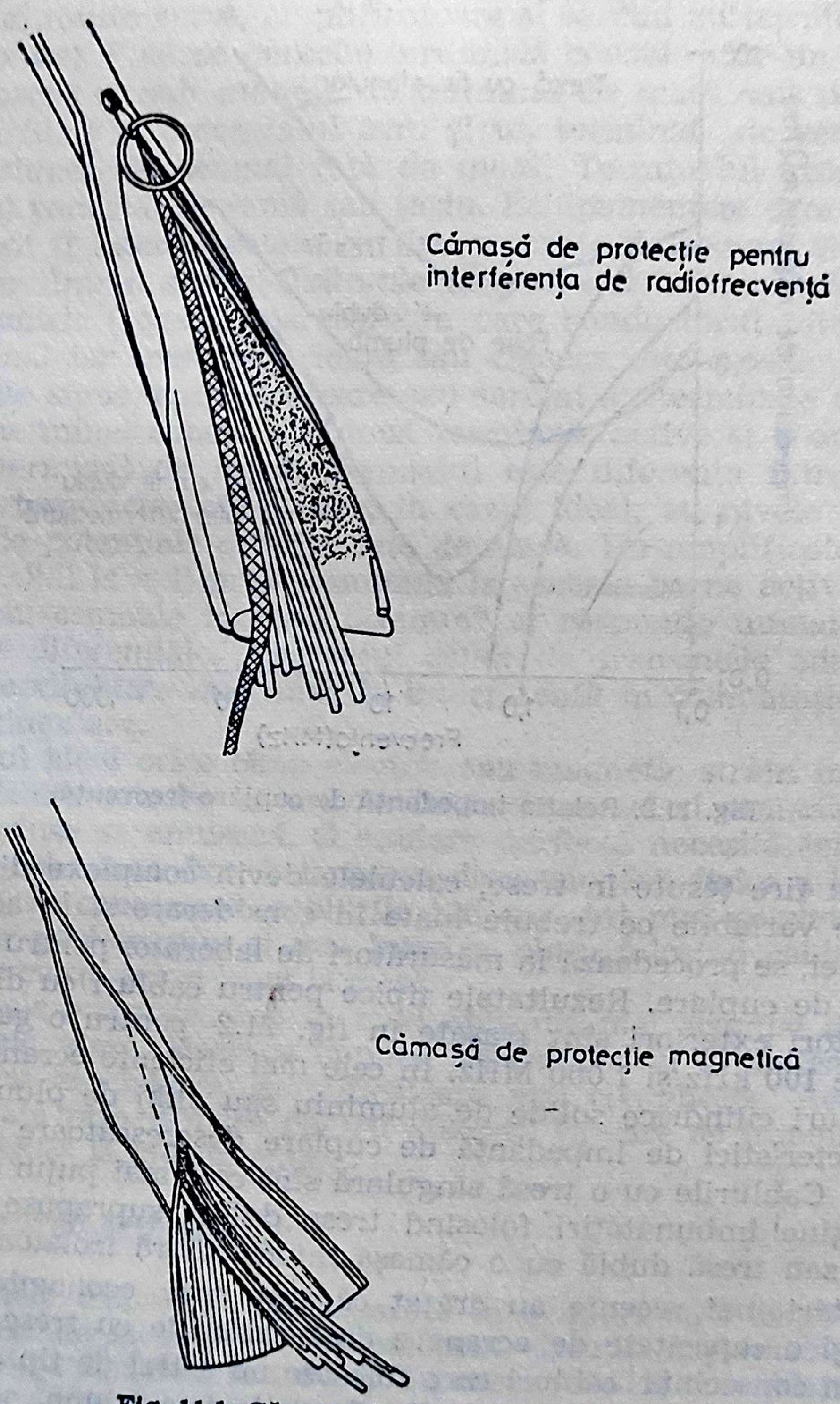

Cămaşă de protecţie pentru interferenţa de radiofrecvenţă
Cămaşă de protecţie magnetică

Fig. 11.1. Cămaşa de ecranare a cablului

rior. O metodă de comparare a proprietăţilor de ecranare, implică măsurarea sau calcularea impedanţei de cuplaj (sau de suprafaţă), care este definită ca tensiunea longitudinală ce apare pe suprafaţa exterioară a ecranului atunci cînd unitatea de curent curge în jos pe suprafaţa interioară a acestuia şi înapoi de-a lungul conductorului interior al cablului coaxial. Pentru un conductor exterior tubular solid, impedanţa de cuplaj poate fi uşor calculată, dar pentru alte forme de conductor exterior, ca de exemplu fire ţesute în trese, calculele devin complexe din cauza numărului de variabile ce trebuie luate în considerare şi în această situaţie, de obicei, se procedează la măsurători de laborator pentru a determina impedanţa de cuplare. Rezultatele tipice pentru cabluri cu diverse forme de conductori exteriori sînt trasate în fig. 11.2 pentru o gamă de frecvenţe între 100 kHz şi 1 000 MHz. În cele mai eficiente ecrane sînt încorporate tuburi cilindrice solide de aluminiu sau aliaj de plumb care prezintă caracteristici de impedanţă de cuplare descrescătoare cu creşterea frecvenţei. Cablurile cu o tresă singulară sînt cele mai puţin eficiente dar se pot obţine îmbunătăţiri folosind trese duble, suprapuse (cu contact între ele) sau tresă dublă cu o cămaşă intermediară izolatoare.

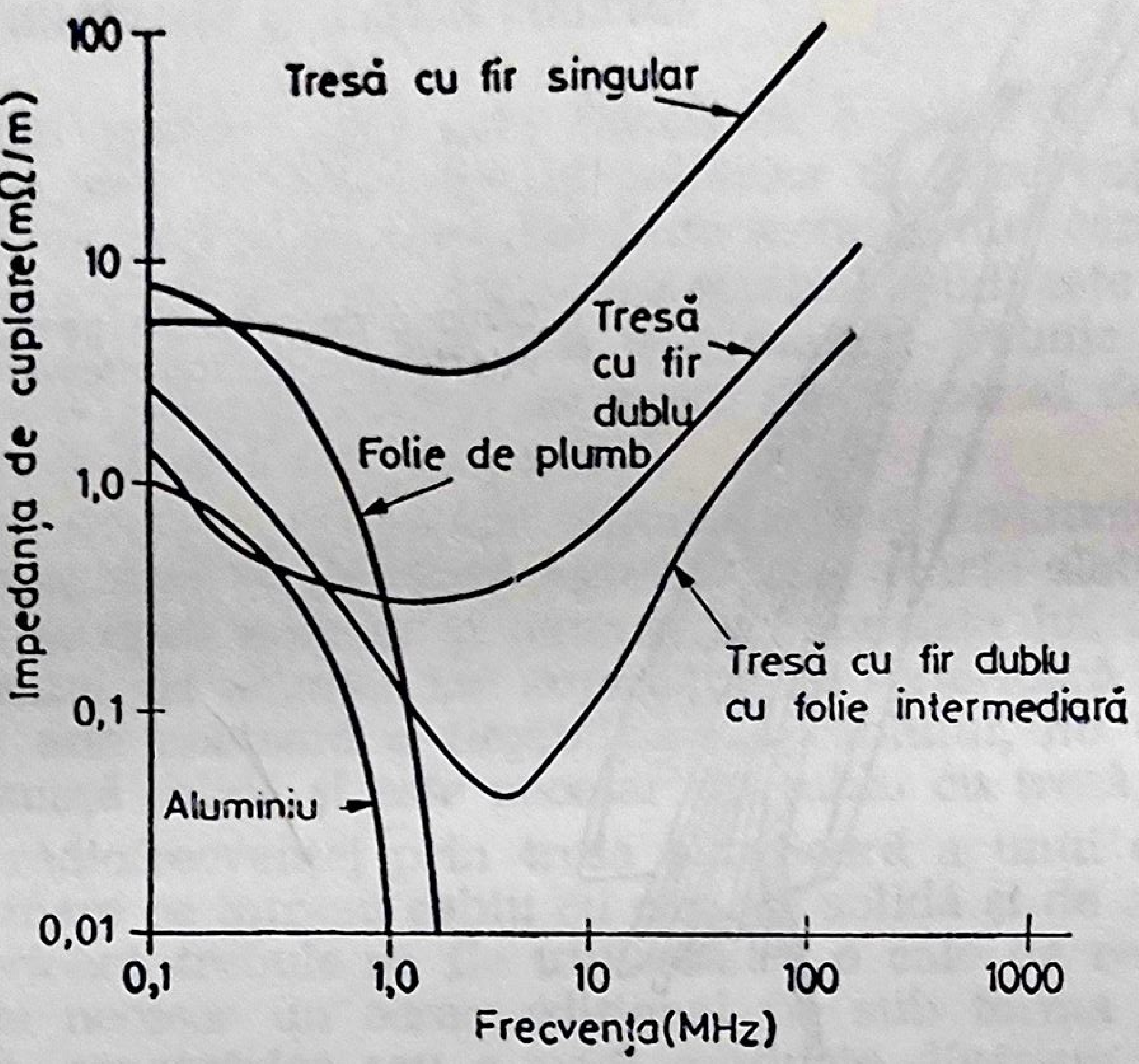


Fig. 11.2. Relaţia impedanţă de cuplare-frecvenţă.

Cercetări mai recente au arătat că sînt mai economice pentru o atenuare şi o capacitate de ecranare dată cablurile cu trese din fîşii de cupru şi în consecinţă, cabluri care folosesc un astfel de tip de tresă sînt folosite în prezent în sistemele de distribuţie în televiziune.

Conducerea semnalului

În situațiile cînd semnalul trebuie să fie condus prin cabluri lungi către un punct îndepărtat al sistemului global, circuitele emițătoare și receptoare trebuie să aibă caracteristici de rejecție similare pentru a evita problemele de zgomot care sînt asociate potențialelor de masă diferențiale.

Cele mai multe surse, amplificatoare și sarcini au terminale singulare (sau neadaptate). Fiecare pereche terminală constă dintr-un terminal „comun“ (cunoscut și sub numele de terminal de masă sau rece) care este acceptat ca fiind la potențialul zero și un terminal „de semnal“ care se află la tensiunea de semnal față de masă. Terminalul „comun“ este în mod normal conectat la ramă sau șasiu. Echipamentele care au terminale singulare pot fi interconectate cu fire separate de semnal și masă sau cu cablu bifilar. Într-o altă situație ele ar putea fi interconectate printr-un cablu concentric (coaxial) oarecare în care conductorul interior este calea de semnal iar tresa exterioară sau cămașa este masa.

Anumite surse, amplificatoare sau sarcini au terminale adaptate. Fiecare grup terminal constă din două terminale active și o opțiune pentru al treilea terminal de masă. Semnalul este diferența între potențialele celor două terminale active care, în cazul ideal, au nivele de potențiale egale dar de potențiale diferite față de masă. Un amplificator diferențial nu este sensibil la aplicarea simultană la ambele borne active de semnale sinfazice sau semnale în mod „comun“ ci răspunde numai la aplicarea de semnale diferențiale. Avantajul căilor de transmisie adaptate constă într-o susceptibilitate mai mică la interferență în comparație cu căile cu terminale singulare.

În cazul ideal orice cîmp electric sau magnetic străin induce aceeași tensiune electromotoare în ambele fire de semnal și semnalele de interferență produse se anulează. O anulare perfectă necesită tensiuni culese identice în cele două fire, balansarea dimensionării fizice a lor fiind deci importantă. În consecință, cablurile bifilare sînt mai potrivite decît cele separate iar performanțe și mai bune se obțin folosind cablurile bifilare înconjurate cu un ecran legat la masă.

Sistemele adaptate sînt în mod obișnuit mai scumpe decît cele cu terminale singulare deoarece implică prezența unui al doilea fir activ și sînt frecvent asociate cu amplificatoare mai complicate. Aceste sisteme sînt rezervate prin urmare pentru aplicații în care se impune o susceptibilitate redusă la interferență.

Separarea semnalelor

Semnalele trebuie să fie separate în grupuri cu funcțiuni compatibile, pornind de la sursă și trecute prin circuite imprimate, cabluri de șasiu și cablaje de sertar sau dulap. În cazul plăcilor cu cablaje imprimate este necesar să se ia măsuri pentru a separa semnalele incompatibile atît pe plăcile individuale cît şi prin izolarea plăcilor care interferă reciproc. În general, grupurile de funcţiuni compatibile sînt:

a) unde de deflexie
b) semnale video
c) semnale numerice
d) semnale audio
e) comutatoare de releu şi tuburi.

Căile care corespund pe cablajele imprimate oricăror din aceste funcţiuni trebuie să fie trasate cît se poate de scurte iar grupurile separate geometric unul de fiecare din celelalte şi de asemenea separate de funcţiunile comune, cum ar fi de exemplu sursele de alimentare şi conexiunile la masă. Gruparea şi separarea căilor de circuit trebuie să fie continuată de-a lungul întregului cablaj al unităţii, deoarece interferenţa poate foarte bine apare în împachetările de densitate sporită ale semnalelor şi în mod particular în conectori şi socluri.

Alte dificultăţi pot apare în situaţia în care o cale de retur singulară comună este folosită pentru mai mult decît o sursă de alimentare de curent continuu şi în special cînd circuite integrate sau tranzistoare sînt utilizate în conexiune cu surse pentru relee şi lămpi indicatoare.

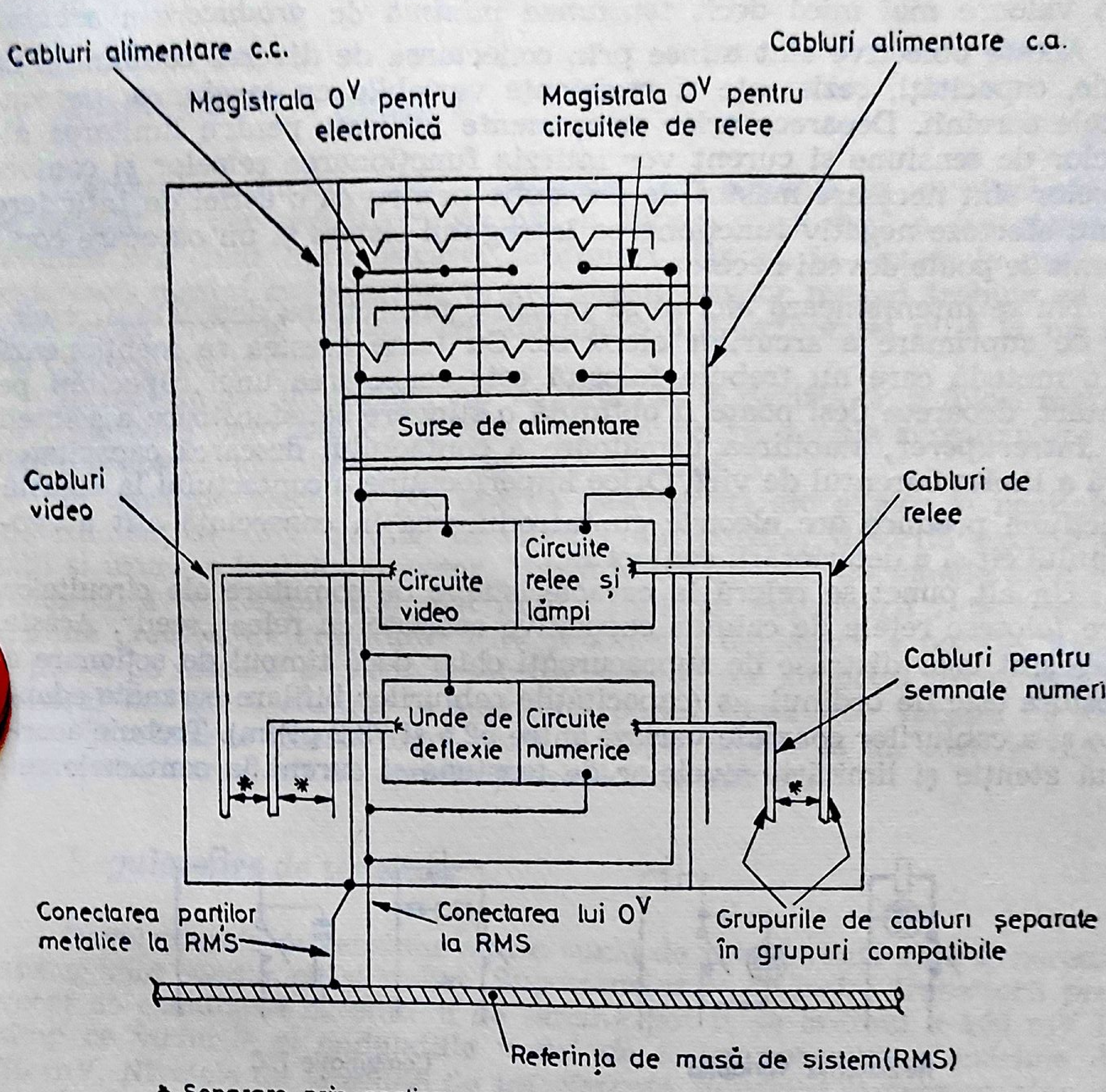
Fiecare sursă de alimentare trebuie să aibă propria sa distribuţie a returului comun, complet izolat de orice alt retur comun. Şasiurile şi ramele echipamentelor nu trebuie utilizate ca retur comun pentru sursele de alimentare deoarece această practică va conduce la conexiuni de retururi comune dubioase şi potenţiale diferenţiale de-a lungul sistemului global.

Modul de trasare a cablajelor imprimate şi a cablajelor ansamblului sertarului sau dulapului trebuie să prevadă un retur comun (unul sau mai multe în funcţie de caracteristicile de sarcină) care să poată fi conectat la o referinţă comună de sistem (Fig. 11.3).

Va fi adoptată o metodă de separare a cablurilor care grupează împreună semnale compatibile şi le izolează pe acelea posibile de-a produce interferenţă. Trebuie făcută remarca că spaţiul este adesea limitat şi nu întotdeauna este posibil să se separe suficient astfel de grupuri. În astfel de cazuri este necesar să se folosească ecranarea fie pentru cabluri individuale fie pentru grupuri de cabluri. Un raport performanţă — cost eficient trebuie luat în considerare în calculul instalaţiilor deoarece costul unui număr chiar mic de cabluri multifilari ecranate poate fi prohibitiv în comparaţie cu cablurile neecranate. În mod tipic costul minim pentru o lungime de cablu ecranat de 250 m este aproximativ de 300 £.

Suprimarea arcurilor electrice de contact

Stabilirea şi întreruperea surselor de alimentare pentru circuite electrice şi electronice implică apariţia de arcuri electrice la contactele releelor şi ale întrerupătoarelor de circuit. Apariţia de arcuri electrice produce o formă de interferenţă care are un spectru foarte larg şi care va afecta cele mai multe, dacă nu chiar toate echipamentele conectate la astfel de surse de alimentare. Un efect secundar al producerii de arcuri electrice este deteriorarea rapidă a contactelor. Este evident că din ambele puncte de vedere, atît al interferenţei cît şi al păstrării suprafeţei de contact sînt necesare măsuri pentru limitarea supratensiunilor pe sarcini inductive şi a supracurenţilor pe sarcini capacitive.


Cabluri alimentare c.c.
Cabluri alimentare c.a.
Magistrala 0^V pentru electronică
Magistrala 0^V pentru circuitele de relee
Surse de alimentare
Cabluri video
Cabluri de relee
Circuite video
Circuite relee şi lămpi
Cabluri pentru semnale numerice
Unde de deflexie
Circuite numerice
*
*
*
Conectarea părţilor metalice la RMS
Conectarea lui 0^V la RMS
Grupurile de cabluri separate în grupuri compatibile
Referinţa de masă de sistem(RMS)

* Separare prin spaţiere sau ecranare

Fig. 11.3. Modul de separare a cablurilor şi distribuţia lui „0" volt.

Pentru a minimiza interferenţa este necesar ca nivelele de zgomot injectate în reţelele de alimentare şi masă să fie reduse la minim şi instalaţiile de suprimare a arcurilor electrice trebuie să fie proiectate pentru:

a) limitarea supracurentului în situația în care circuitul se „stabilește“ la o valoare mai mică decît *curentul minim de producere a arcului.*

b) limitarea supratensiunii în situația în care circuitul se „întrerupe“ la o valoare mai mică decît *tensiunea minimă de producere a arcului.*

Aceste obiective sînt atinse prin conectarea de diverse combinații de diode, capacități, rezistențe și rezistențe variabile cu tensiunea, pe contactele sarcinii. Deoarece orice componente utilizate pentru limitarea nivelelor de tensiune și curent vor întîrzia funcționarea releelor și contactoarelor sînt necesare măsuri de precauție pentru ca o astfel de întîrziere să nu afecteze negativ funcționarea întregului sistem și un oarecare compromis se poate dovedi necesar.

Nu se intenționează aici să se prezinte proiectarea detaliată a rețelelor de suprimare a arcurilor electrice. Cu toate acestea se menționează că o metodă care nu trebuie folosită este conectarea unei capacități pe contact, deoarece deși poate fi obținută o stingere satisfăcătoare a scînteii la *„întrerupere“*, stabilirea următoare a contactului descarcă capacitatea fără a limita curentul de vîrf. Orice imperfecțiune a contactului la această joncțiune produce arc electric cu introducerea în consecință atît a zgomotului cît și a deteriorării contactului.

Un alt punct se referă la caracteristicile de comutare ale circuitelor care folosesc rețele de cabluri capacitive asociate cu relee „reed“. Aceste relee sînt ușor distruse de supracurenți chiar dacă timpul de acționare a acestora este de ordinul μs (capacitățile cablurilor bifilare ecranate adaptate și a cablurilor coaxiale variază între 52,5 și 72,2 pF/m). Trebuie acordată atenție și limitării nivelelor de tensiune și curent la contactele re-

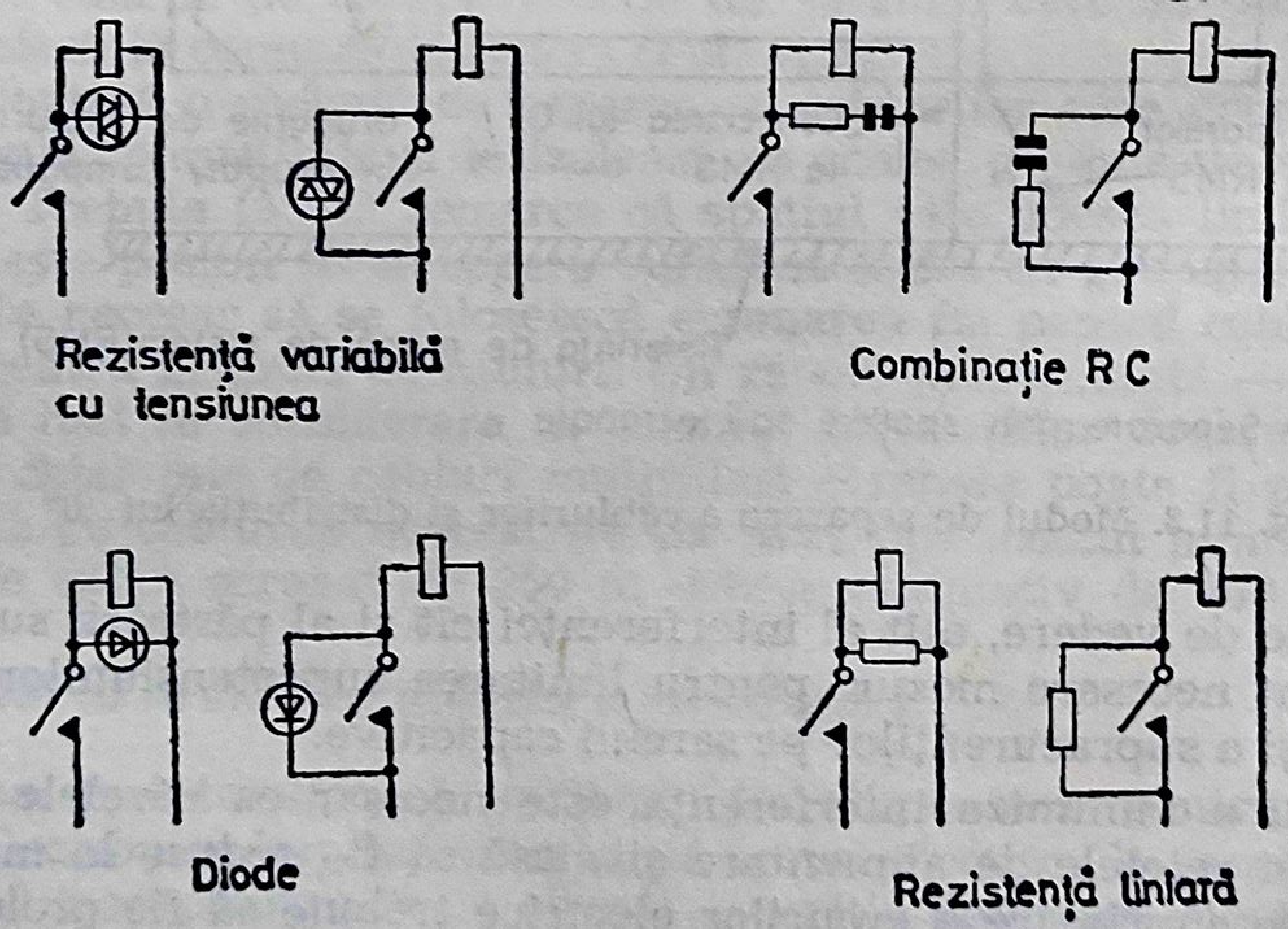


Fig. 11.4. Circuite de stingere a arcului electric.

leelor pentru a evita o deteriorare severă a contactelor și interferența produsă de arcurile electrice. În fig. 11.4. sînt prezentate cîteva configurații tipice de circuit care sînt desemnate pentru a ajuta suprimarea arcului.

Mașini electrice rotative

Motoarele inductive, prin construcție sînt asociate cu un nivel scăzut de zgomot și necesită în consecință o suprimare redusă a interferenței conduse sau chiar lipsa oricărei suprimări. Totuși, în sistemele unde se instalează mașini cu colector, producătorul acestor mașini trebuie să fie solicitat să prevadă circuite de suprimare a interferenței pînă la un nivel de specificație convenit.

În nici un caz un inginer nu va putea să ia decizia de a folosi mașini cu inele colectoare sau cu colector cu lamele pe simpla presupunere că este o problemă simplă suprimarea interferenței.

În mașinile electrice pot apărea descentrări ale axelor și nealinieri ale rulmenților care conduc la vibrații ale periilor datorită excentricității și uzurii a inelului colector. Mașinile cu colector cu lamele au o caracteristică ce complică și mai mult problema suprimării interferenței, numită *„reacție de armătură“* care produce o deplasare a poziției ideale a periei pe măsură ce variază sarcina și deoarece suportul periei este în general fix, arcul electric la suprafața periei comutator variază cu sarcina. Suprimarea interferenței poate fi obținută dar la un cost de întreținere mai mare decît cel specific mașinilor de inducție.

Regulatoare de tensiune

Regulatoarele de tensiune sînt o sursă de interferență care generează atît zgomot condus cît și radiat. Supratensiunile de ieșire tranzitorii provocat de comutarea curentului de sarcină pot fi de ordinul a 100 mV în timp ce vîrfurile și ondulațiile undei de ieșire pot avea o mărime de 30 mV. Nivelele de tensiune de interferență injectate în rețeaua electrică, de unde pot fi conduse la alte echipamente, pot fi asociate cu vîrfuri de 20 mV și ondulații la 10 mV.

Filtre de linie

Interferența generată în ansamblurile unui anumit echipament va fi distribuită și altui echipament prin conexiunile comune ca de exemplu sursele de alimentare de c.c. și c.a. incluzînd conexiuni de retur comun. Este necesar să se supravegheze aceste conexiuni în timpul testării unui sistem pentru a determina nivelul și frecvența tensiunii de interferență respectivă și dacă cu toate procedurile adecvate de ecranare și legare la masă semnalele de interferență sînt încă prea ridicate, atunci vor trebui luate măsuri de suprimare printre care și instalarea de filtre de linie.

Factorii care determină alegerea unei unități de filtrare sînt:

a) numărul de linii necesar, adică două linii pentru + și — sau linie și intrări neutre;

b) specificarea curentului de linie, a tensiunii și frecvenței;

c) analiza tensiunilor de interferență pentru a preciza gama de frecvențe și amplitudinea semnalelor nedorite;

d) limita de interferență specificată pe care echipamentul o poate tolera.

Din acești factori și din curbele de răspuns ale furnizorului, se poate alege un filtru care să ofere gradul dorit de atenuare la frecvența sau gama de frecvențe dorită.

O dată ce proiectantul de circuit sau sistem a specificat valoarea curentului, gama de frecvențe și gradul de atenuare solicitat, alegerea unui filtru poate fi foarte bine făcută de către un inginer mecanic sau de instalații care va folosi informația grafică dată de furnizorul de filtre de linie (fig. 11.5.). Aceasta este de dorit deoarece problemele mecanice de amplasare a unui astfel de filtru pot fi considerabile și ele includ practică de proiectare, asociată cu legarea la masă printr-o impedanță foarte coborîtă și introducerea de soluții care să facă incinta rezistentă la intem-

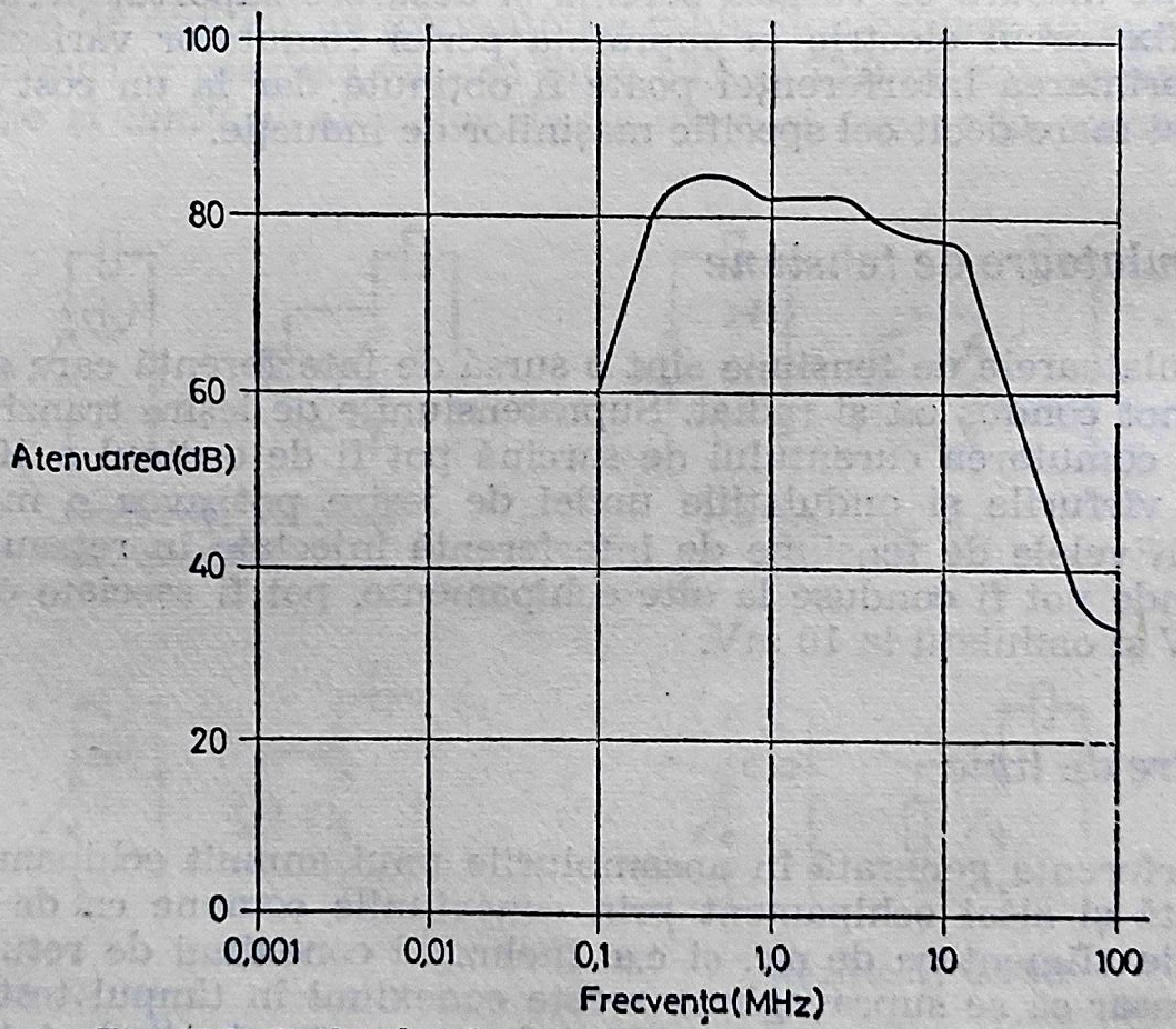


Fig 11.5. Curba de răspuns pentru un filtru principal.

perii precum și selectarea unui filtru care să răspundă la caracteristicile de mediu solicitat.

Cînd un ansamblu al unui echipament are linia de legare la masă sau de retur comun filtrată, o atenție deosebită trebuie acardată legării filtrului la sistemul de masă, printr-o conexiune de radiofrecvență de joasă impedanță.

Figurile 11.6. și 11.7. ne prezintă metodele incorecte și corecte de montare a modulelor de filtre.

Pentru cabinele mobile, filtrele cu incinte ecranate sînt de obicei montate în afară unde pot fi întîlnite temperaturi excesive. Unitățile standard au o temperatură de lucru de maximum +70°C și o creștere a temperaturii permisibile de 25°C deasupra mediului ambiant.

Deoarece radiația solară poate face ca ansamblele de filtre verticale să atingă o temperatură mai mare de +60°C este necesar ca incinta filtrului să fie bine ventilată, dacă se dorește ca temperatura de lucru de 70°C să nu fie depășită. Specificațiile de mediu militare pot indica o temperatură ambiantă de +52°C, astfel încît trebuie aplicat un factor de adaptare pentru filtru iar producătorul trebuie să fie consultat asupra mărimii acestui factor (incluzînd aspecte ca variația factorului de putere cu temperatura de operare). Unitățile de filtrare proiectate să funcționeze în condiții de mediu militare sînt de 5—6 ori mai scumpe decît unitățile produse conform unor specificații comerciale. Ele sînt proiectate în mod special pentru a rezista la decompresiile ce apar în timpul transportului aerian la înaltă altitudine (să zicem 10 000—14 000 m).

Curenții de scurgere la masă pot fi evitați lipind suprafața posterioară a filtrului de cabină, obținînd astfel o legare la masă de impedanță scăzută. Este de asemenea necesară o cale de proiectare riguroasă pentru a ne asigura că în cele mai grele condiții de mediu nu va apare într-un timp dat coroziunea care să degradeze performanțele filtrului. Astfel pot fi utilizate țesături din fire împletite pentru a forma un contact de presiune între cutia filtrului și suprafața cabinei, punctele de unire fiind în mod suplimentar protejate după strîngerea șuruburilor, aplicînd în zona respectivă un lac protector, de exemplu BOSCOPRENE 2114 (BOSTIC LTD).

Interferența radiată

Radiația poate fi considerată ca energia care este transportată sub forma unor unde electromagnetice emanate de echipamente electrice sau electronice și care generează cîmpuri cu diferite caracteristici electromagnetice.

Se pot distinge două tipuri de cîmpuri electromagnetice și anume.

a) cîmpuri de joasă impedanță asociate cu curenți relativ mari care produc în principal cîmpuri magnetice;

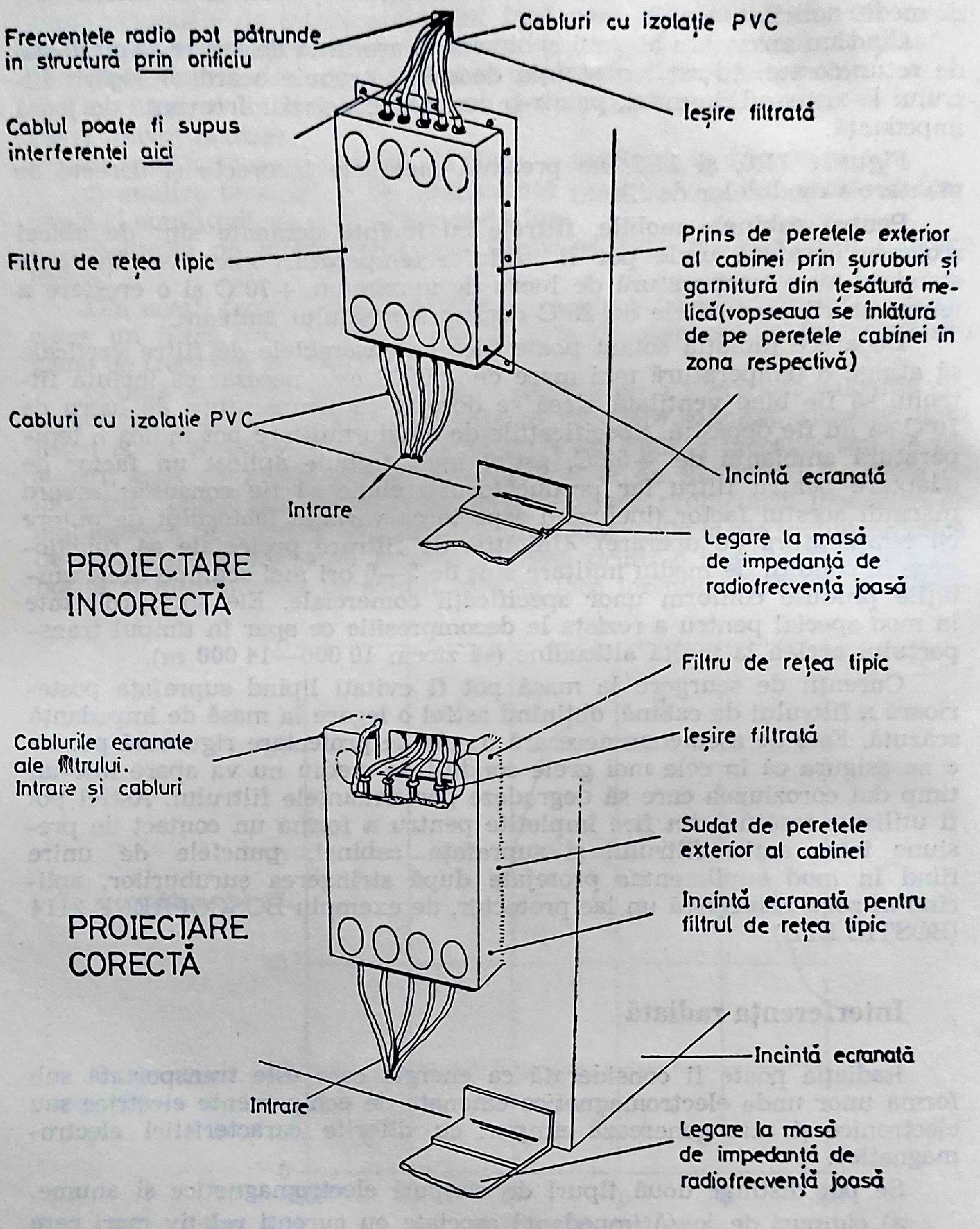
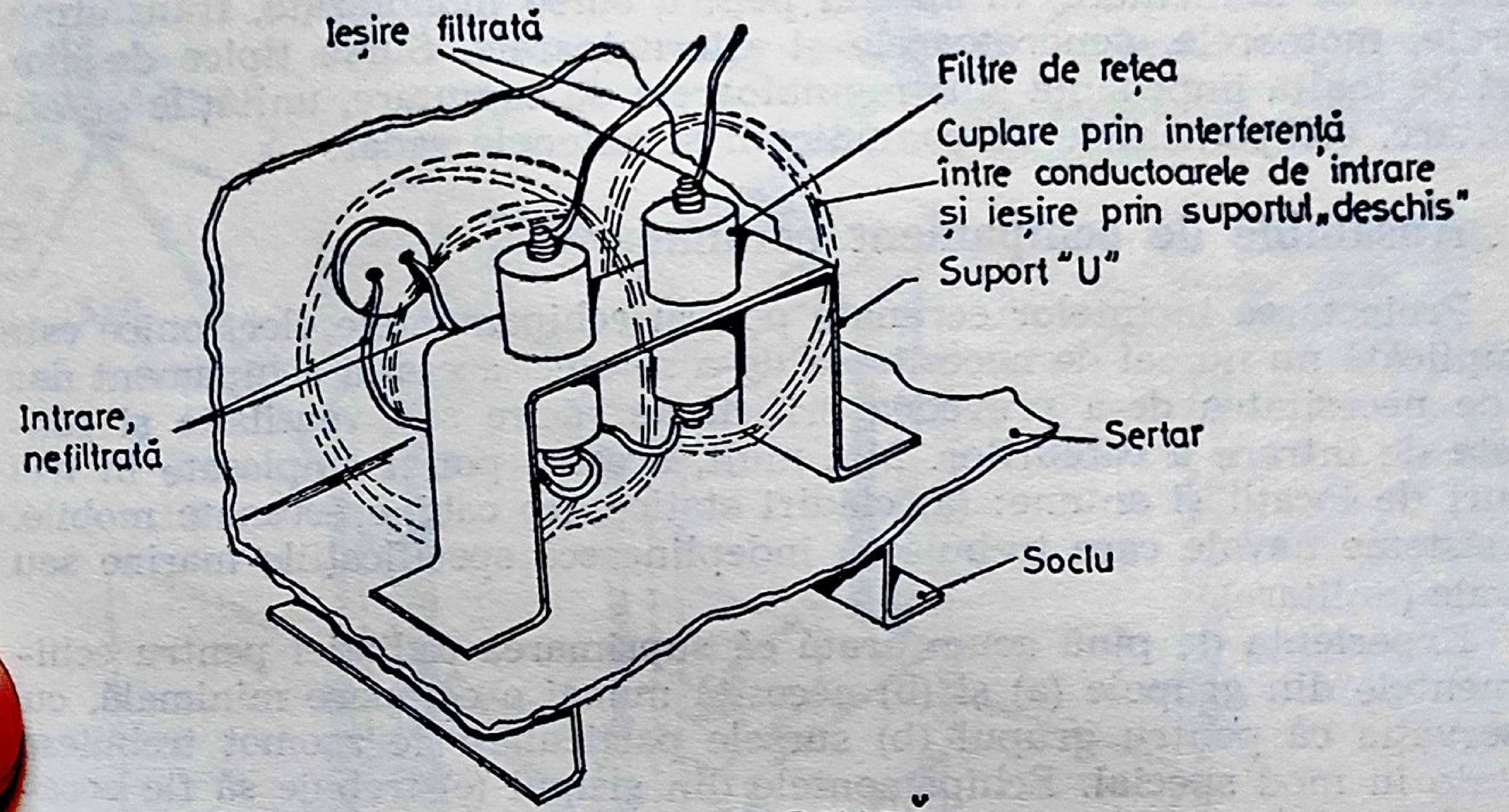

Frecvențele radio pot pătrunde în structură prin orificiu
Cabluri cu izolație PVC
Ieșire filtrată
Cablul poate fi supus interferenței aici
Prins de peretele exterior al cabinei prin șuruburi și garnitură din țesătură metalică(vopseaua se înlătură de pe peretele cabinei în zona respectivă)
Filtru de rețea tipic
Cabluri cu izolație PVC
Incintă ecranată
Intrare
Legare la masă de impedanță de radiofrecvență joasă
PROIECTARE INCORECTĂ
Filtru de rețea tipic
Cablurile ecranate ale filtrului. Intrare și cabluri
Ieșire filtrată
Sudat de peretele exterior al cabinei
Incintă ecranată pentru filtrul de rețea tipic
PROIECTARE CORECTĂ
Incintă ecranată
Intrare
Legare la masă de impedanță de radiofrecvență joasă

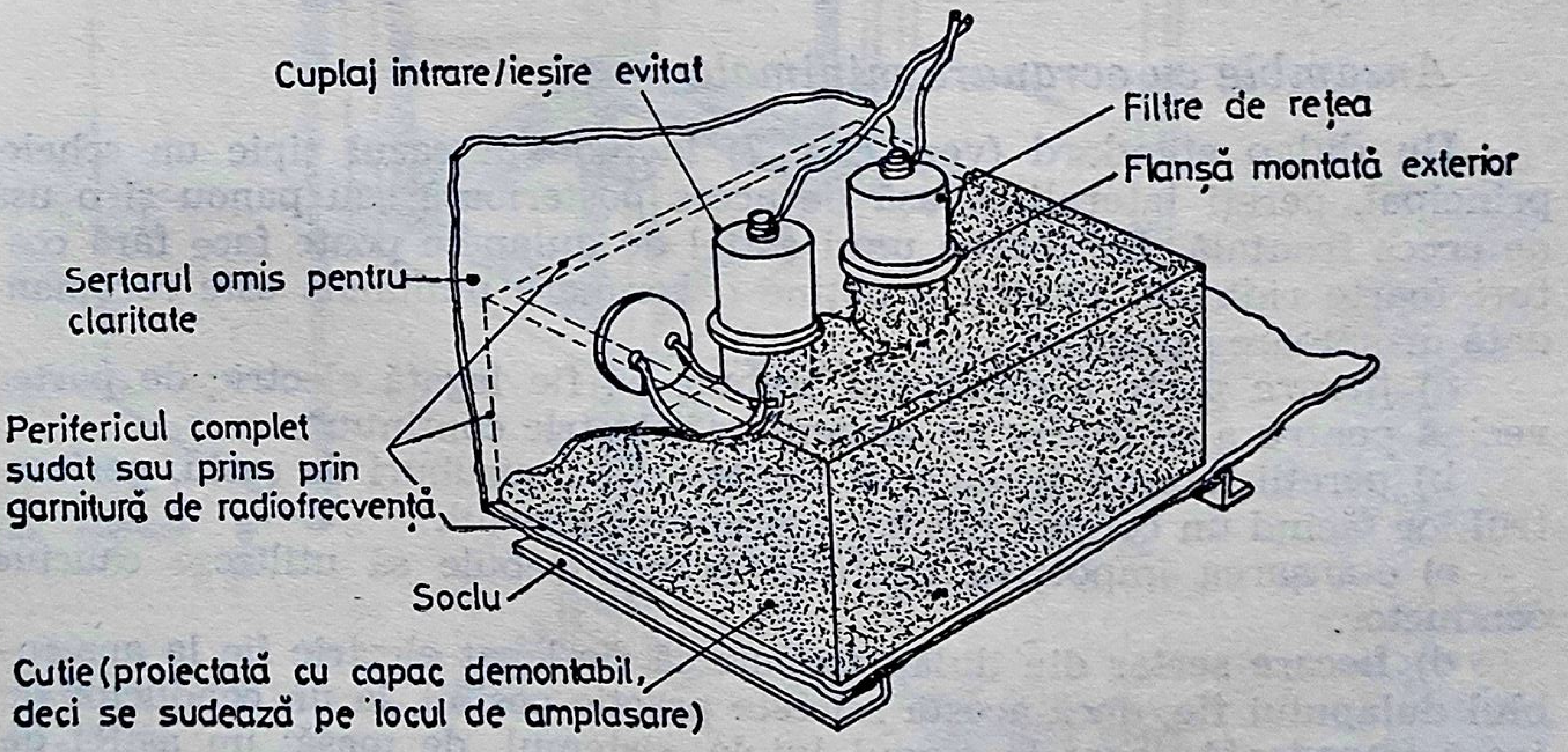
Fig. 11.6. Ansamblul filtrului principal pentru incinte ecranate.

b) cîmpuri cu înaltă impedanță care rezultă din tensiuni relativ mari care generează în principal cîmpuri electrice.

Pentru fiecare tip este necesar în consecință un mod de proiectare diferit care să conducă la o ecranare eficace. Pe scurt, cîmpurile de impedanță joasă, de frecvență scăzută (pînă la 50 kHz) pot fi ecranate cu materiale ce au permeabilitate înaltă. Cîmpurile de înaltă impedanță, in-


Ieșire filtrată
Filtre de rețea
Cuplare prin interferență între conductoarele de intrare și ieșire prin suportul „deschis"
Suport "U"
Intrare, nefiltrată
Sertar
Soclu

PROIECTARE INCORECTĂ


Cuplaj intrare/ieșire evitat
Filtre de rețea
Flanșă montată exterior
Sertarul omis pentru claritate
Perifericul complet sudat sau prins prin garnitură de radiofrecvență
Soclu
Cutie (proiectată cu capac demontabil, deci se sudează pe locul de amplasare)

PROIECTARE CORECTĂ

Fig. 11.7. Ansamblul filtrului principal montat în consolă.

diferent dacă sînt de frecvenţă înaltă sau scăzută pot fi ecranate eficace, utilizînd materiale de conductivitate ridicată.

Cealaltă combinaţie, adică a unor cîmpuri de joasă impedanţă şi de înaltă frecvenţă pot fi ecranate utilizînd materiale de înaltă conductivitate, deoarece curenţii turbionari de înaltă frecvenţă, induşi în ecran, produc un cîmp magnetic opus, rezultînd un grad de ecranare eficace.

Sursele de interferenţă asociate cîmpurilor de impedanţă joasă includ cablurile de alimentare, în special pentru surse monofazate, transformatoarele, motoarele, generatoarele şi alternatoarele. Surse tipice de cîmpuri de înaltă impedanţă sînt regulatoarele de comutare, unităţile de alimentare, echipamentele de comunicaţii şi antenele radar.

Ansamble de echipament ecranat

Proiectarea incintelor ecranate pentru echipamentele electronice este complicată nu numai de necesitatea de-a se oferi acces la echipament dar şi de necesitatea de-a prevedea orificii de răcire sau ventilaţie şi conducte de intrare a cablurilor. Mai mult, acestea pot fi amplasate în trei tipuri de locaţii şi anume: (a) clădiri statice, (b) cabine ecranate mobile, (c) sisteme navale care trebuie să îndeplinească specificaţiile marine sau navale (militare).

Experienţa de pînă acum arată că suprimarea radiaţiei pentru echipamentele din grupele (a) şi (b) necesită numai o ecranare minimală, cu observaţia că pentru grupul (b) sursele particulare de zgomot trebuiesc tratate în mod special. Echipamentele din grupul (c) trebuie să fie ecranate foarte eficace, ele aflîndu-se de obicei în imediata vecinătate a unor surse de zgomot.

Ansamble cu ecranare minimală

Un dulap standard (vezi cap. 7) include în cazul tipic un schelet principal, pereţi laterali, o uşă de acces posterioară sau panou şi o uşă de acces frontală. Ecranarea unui astfel de dulap se poate face fără costuri foarte ridicate. Pentru a obţine o ecranare minimală este recomandată următoarea practică:

a) *fiecare parte* a dulapului trebuie să fie legată electric de partea vecină pentru a se forma un ansamblu „electric continuu“.

b) pereţii laterali trebuie să fie prinşi cu şuruburi de şasiu, perimetrul lor făcînd un contact electric continuu cu şasiul.

c) etanşarea împotriva prafului la uşi trebuie să utilizeze cauciuc conductor.

d) fiecare sertar din dulap trebuie să fie legat electric fie la ansamblul dulapului fie, dacă acesta nu este practic posibil, la un conductor de joasă impedanţă, legat la rîndul lui la sistemul de masă; un astfel de conductor poate fi suportul de cablu prin care trec cablurile dulapului.

În fig. 11.8 se prezintă detalii tipice pentru recomandările (a) la (d) de mai sus şi care oferă o ecranare minimală.

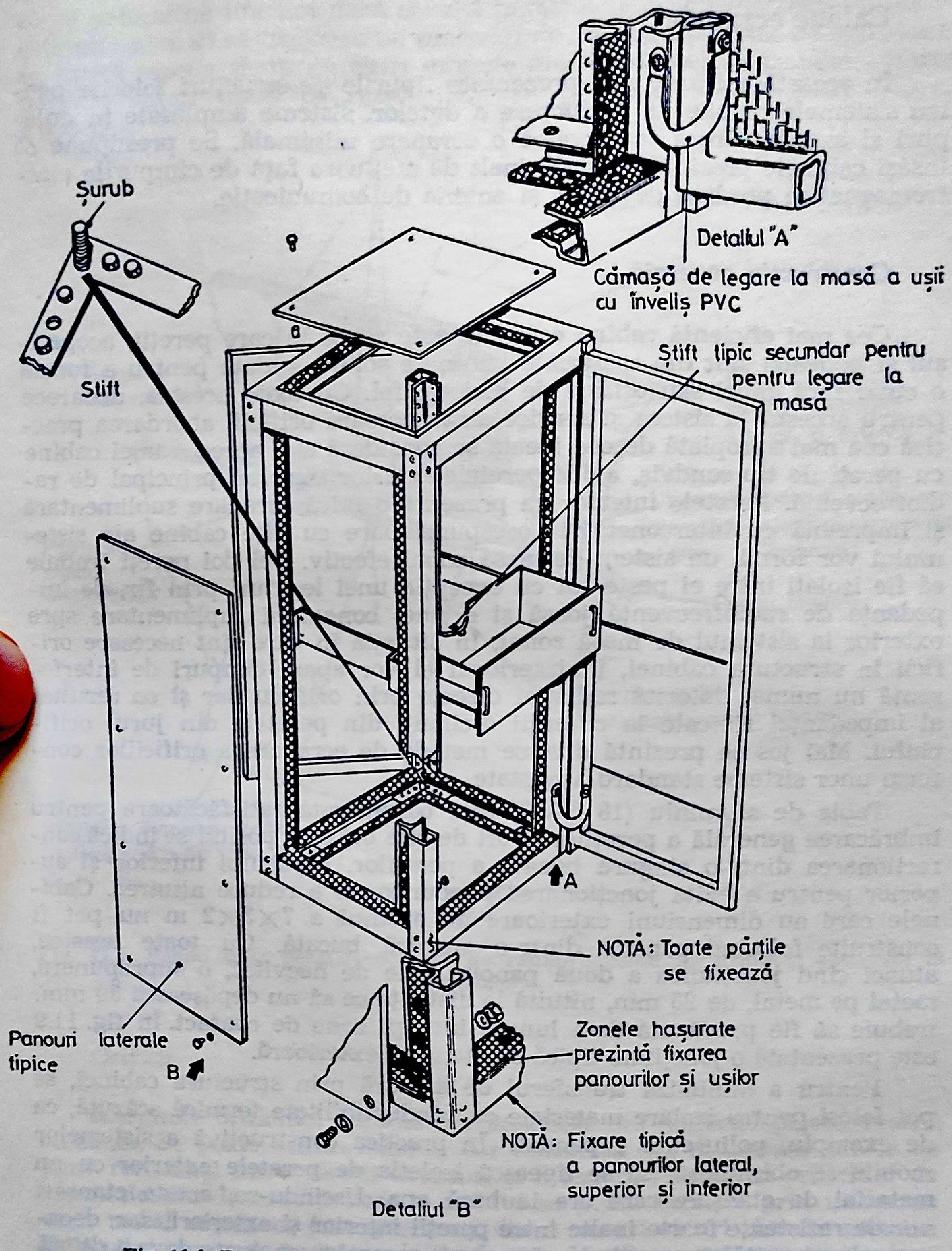

Șurub
Stift
Detaliul "A"
Cămașă de legare la masă a ușii cu înveliș PVC
Știft tipic secundar pentru pentru legare la masă
A
NOTĂ: Toate părțile se fixează
Zonele hașurate prezintă fixarea panourilor și ușilor
NOTĂ: Fixare tipică a panourilor lateral, superior și inferior
Detaliul "B"
Panouri laterale tipice
B

Fig. 11.8. Exemplu tipic de legare la pămînt a unui dulap metalic.

Cabine ecranate

În această secțiune sînt prezentate tipurile de structuri folosite pentru sistemele mobile de prelucrare a datelor, sisteme amplasate în dulapuri și asupra cărora se practică o ecranare minimală. Se presupune că înseși cabinele prezintă un grad înalt de atenuare față de cîmpurile electromagnetice produse de radar și antena de comunicație.

Construcție generală

Cea mai eficientă cabină ecranată este aceea în care pereții, acoperișul și podeaua sînt din materiale laminate solide, sudate pentru a forma o cutie fără găuri sau orificii de nici un fel. Cu toate acestea, deoarece pentru accesul la sistem și service sînt necesare orificii, abordarea practică cea mai apropiată de cea ideală se consideră a fi aceea a unei cabine cu pereți de tip sandviș, avînd peretele exterior ca ecran principal de radiofrecvență. Peretele interior va prezenta o mică ecranare suplimentară și împreună cu interconectări corespunzătoare cu alte cabine ale sistemului vor forma un sistem de masă zonal efectiv. Cei doi pereți trebuie să fie izolați între ei peste tot cu excepția unei legături prin fir, de impedanță de radiofrecvență joasă și a unei conexiuni suplimentare spre exterior la sistemul de masă zonal. În situația în care sînt necesare orificii în structura cabinei, în interiorul ei vor apare cîmpuri de interferență nu numai datorită radiației directe prin orificiu dar și ca rezultat al impedanței ridicate la curenții oscilanți din peretele din jurul orificiului. Mai jos se prezintă diverse metode de ecranare a orificiilor conform unor sisteme standard acceptate.

Tabla de aluminiu (18 SWG) este considerată satisfăcătoare pentru îmbrăcarea generală a pereților și ori de cîte ori este posibil se indică confecționarea dintr-o singură bucată a pereților, capacului inferior și superior pentru a evita joncționarea panourilor și a reduce nituirea. Cabinele care au dimensiuni exterioare de ordinul a 7×3×2 m nu pot fi construite folosind panouri dintr-o singură bucată. Cu toate acestea, atunci cînd joncțiunea a două panouri este de neevitat, o suprapunere, metal pe metal, de 25 mm, nituită la distanțe ce să nu depășească 50 mm, trebuie să fie prevăzută de-a lungul întregii zone de contact. În fig. 11.9 este prezentată o joncțiune tipică cu etanșare exterioară.

Pentru a minimiza transferul de căldură prin structura cabinei, se pot folosi pentru izolare materiale cu conductibilitate termică scăzută, ca de exemplu, poliuretan expandat. În practica constructivă a sistemelor mobile se obișnuiește să se lipească izolația de peretele exterior cu un material de etanșare care are la bază apa. Uscîndu-se, aceste etanșări vor da rezistențe foarte înalte între pereții interior și exteriori, dar, deoarece ele necesită cîteva zile ca să se usuce complet, se poate dovedi dificil să se determine imediat dacă cei doi pereţi sînt izolaţi electric. De aceea este mai bine să se utilizeze un material de etanşare pe bază de spirt care se usucă repede şi nu dă citiri eronate ale rezistenţei de izolaţie „dintre pereţi". Valori tipice de rezistenţă, uşor obţinute, variază între 500 şi 1 000 Ω.

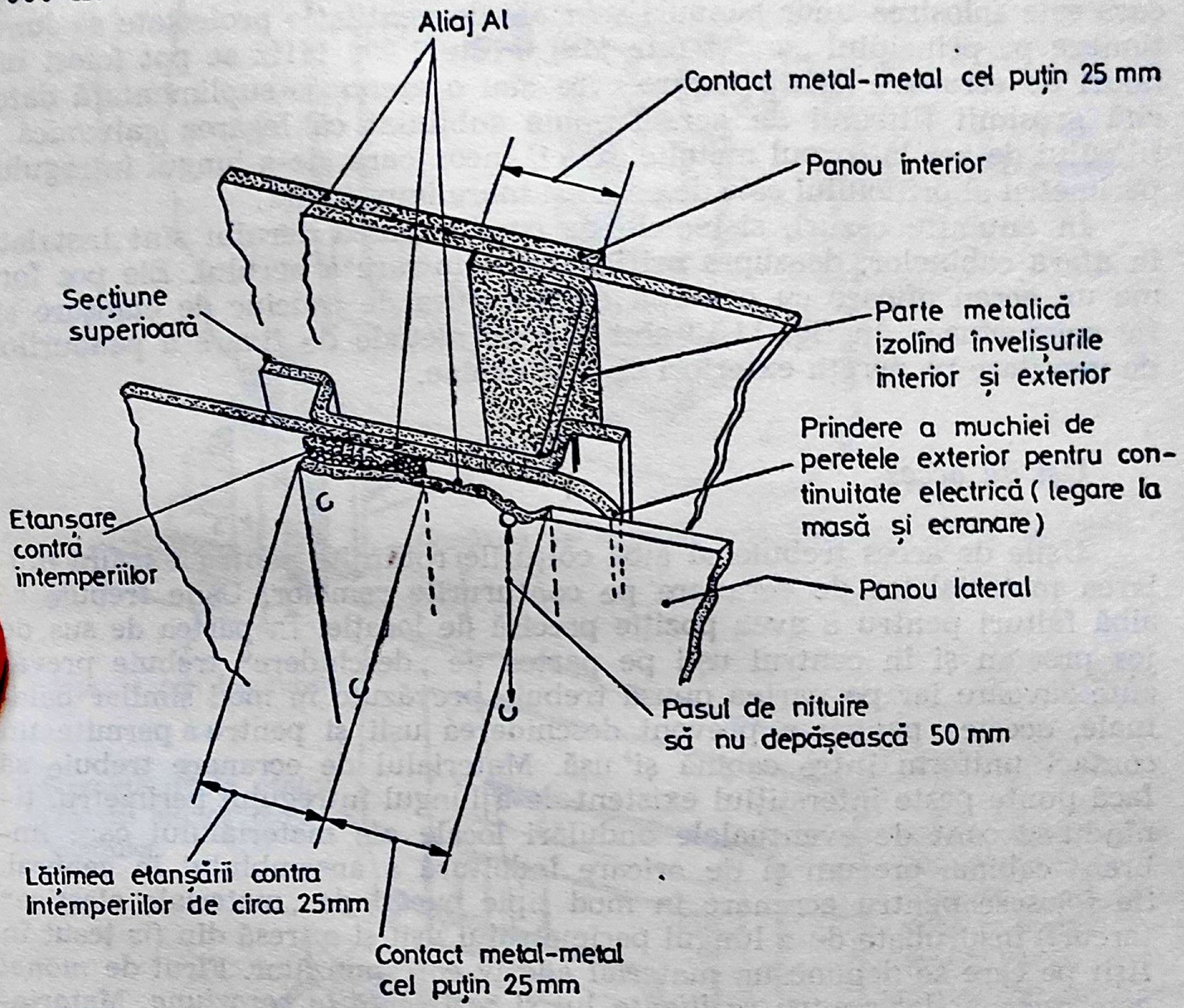

Aliaj Al
Contact metal-metal cel puţin 25 mm
Panou interior
Secţiune superioară
Parte metalică izolînd învelişurile interior şi exterior
Prindere a muchiei de peretele exterior pentru continuitate electrică (legare la masă şi ecranare)
Etanşare contra intemperiilor
Panou lateral
Pasul de nituire să nu depăşească 50 mm
Lăţimea etanşării contra intemperiilor de circa 25mm
Contact metal-metal cel puţin 25mm

Fig. 11.9. Panou tipic pentru ecranare de radiofrecvenţă incluzînd şi protecţia la intemperii.

Orificii

Marginile orificiilor trebuie confecţionate din material plastic întărit cu sticlă. Se poate utiliza lemnul, dar umezeala din el creează o cale de joasă rezistenţă între pereţii exteriori şi interiori. Ecranarea orificiilor de ventilaţie sau de condiţionare a aerului se poate face fie prin utilizarea unui metal expandat (sau perforat), fie a unei ţesături din fir metalic, fie a unui panou de ecranare de tip fagure. Metalele perforate sau ţesăturile din fir metalic se pot utiliza pentru frecvenţe mai mici de 1 000 MHz, fiind necesar să se ia în considerare pierderea de capacitate de răcire şi/sau de scurgere a aerului ca rezultat al creşterii rezistenţei de scurgere a fluidului. Ventilaţia ridică probleme dacă este necesară o răcire substanţială şi în acest caz, o soluţie de ecranare de radiofrecvenţă eficace este folosirea unor panouri speciale de ventilaţie proiectate să funcţioneze pe principiul *„undei taie jos"*. Peste 1 000 MHz se pot folosi panouri de ecranare de tip fagure care dau o atenuare suplimentară datorită grosimii filtrului de aer. Trebuie subliniat că legarea galvanică a filtrului de aer la corpul metalic care îl înconjoară, de-a lungul întregului perimetru al orificiului este de cea mai mare importanţă.

În anumite cazuri, sistemele de condiţionarea aerului sînt instalate în afara cabinelor, deasupra orificiilor de intrare a aerului. Ele pot forma un ecran eficace cu condiţia ca garnitura de cauciuc de etanşare să fie conductoare. În fig. 11.10 sînt arătate metode de fixare a panourilor de ventilare pe pereţii exteriori ai unei cabine.

Uşi de acces

Uşile de acces trebuie să aibă colţurile rotunjite pentru a uşura mularea materialelor de ecranare pe conturuirile ramelor. Uşile trebuie să aibă falţuri pentru a avea poziţie precisă de locaţie. În partea de sus, de jos precum şi în centrul uşii pe partea de „deschidere" trebuie prevăzute zăvoare iar pe partea opusă trebuie prevăzute în mod similar balamale, acestea pentru a preveni deschiderea uşii şi pentru a permite un contact uniform între cabină şi uşă. Materialul de ecranare trebuie să facă punte peste interstiţiul existent de-a lungul întregului perimetru, ţinîndu-se cont de eventualele ondulări locale ale materialului care îmbracă cabina, precum şi de oricare îndoitură a ansamblului în general. Se folosesc pentru ecranare în mod tipic bucăţi de „materiale elastice" (arcuri) înşurubate de-a lungul perimetrului uşii şi o tresă din fir ţesut în fişii pe care se depune un material adeziv corespunzător. Firul de *monel* este recomandat pentru *rezilienţa* lui şi *rezistenţă la coroziune*. Materialele de ecranare trebuie fixate întotdeauna chiar pe uşă care este mai puţin vulnerabilă ca un orificiu, la riscul unei deteriorări mecanice produse de traficul de bunuri sau personal. În plus, în partea interioară a chitului de etanşare se vor pune şuruburi pentru a minimiza coroziunea care dacă apare va reduce eficienţa contactului electric. O tresă din fir de aluminiu ţesut impregnată cu un material de etanşare (de exemplu neopren sau cauciuc siliconic) va forma o etanşare de radiofrecvenţă satisfăcătoare. În fig. 11.11. sînt prezentate cîteva metode tipice folosite pentru ecranarea şi etanşarea uşilor de acces la o cabină.

Panourile terminatoare a cablurilor trebuie să fie prevăzute cu o zonă de contact lată de 25 mm de-a lungul perimetrului panoului şi sistemul de prindere al panoului trebuie să fie întărit pentru a corespunde materia-

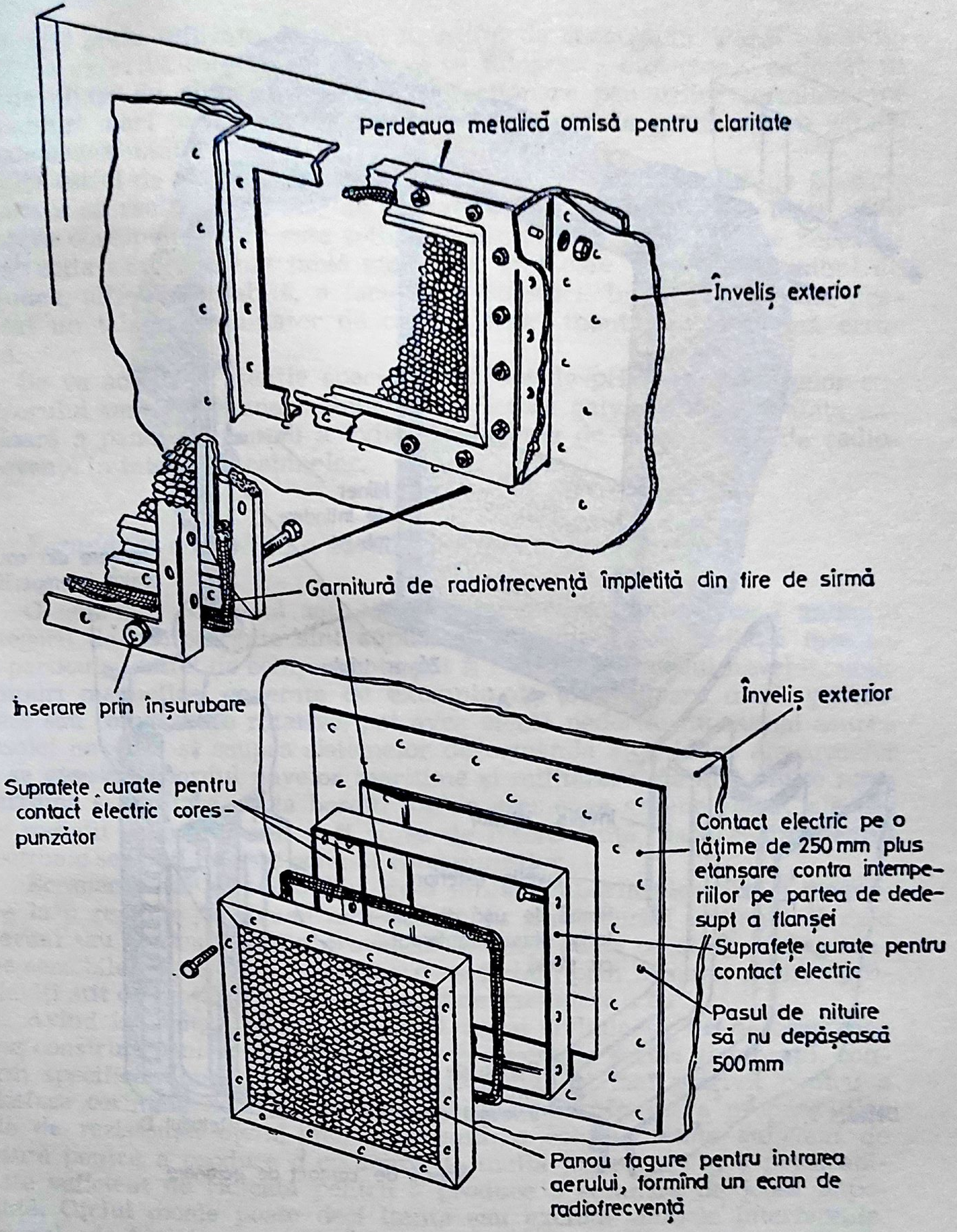

Perdeaua metalică omisă pentru claritate
Înveliș exterior
Garnitură de radiofrecvență împletită din fire de sîrmă
Înserare prin înșurubare
Înveliș exterior
Suprafețe curate pentru contact electric corespunzător
Contact electric pe o lățime de 250 mm plus etanșare contra intemperiilor pe partea de dedesupt a flanșei
Suprafețe curate pentru contact electric
Pasul de nituire să nu depășească 500 mm
Panou fagure pentru intrarea aerului, formînd un ecran de radiofrecvență

Fig. 11.10. Panou tipic pentru ventilație sau aer condiționat.

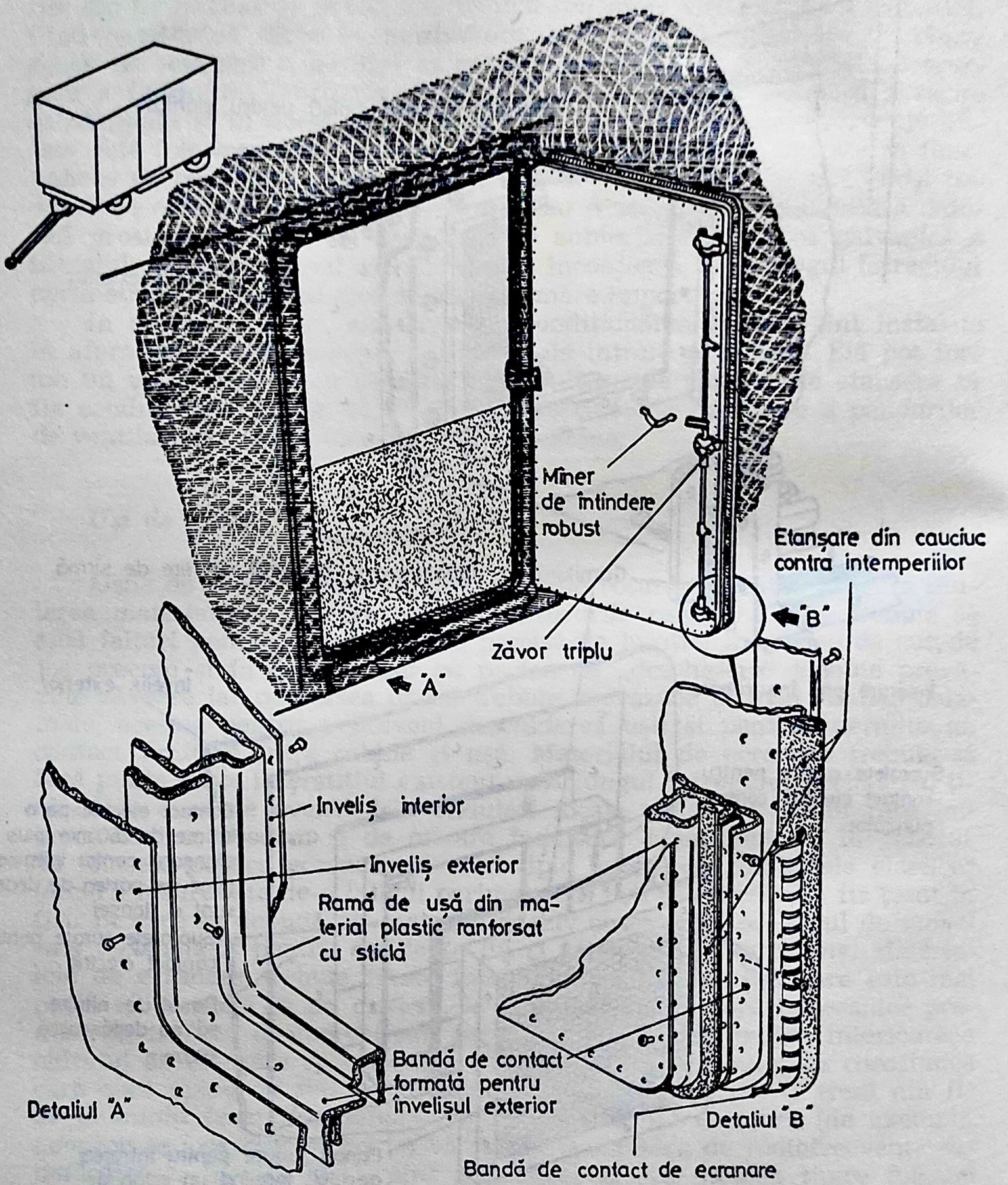

Mîner
de întindere
robust
Etanşare din cauciuc
contra intemperiilor
"B"
Zăvor triplu
"A"
Înveliş interior
Înveliş exterior
Ramă de uşă din material plastic ranforsat cu sticlă
Bandă de contact
formată pentru
învelişul exterior
Detaliul "A"
Detaliul "B"
Bandă de contact de ecranare

Fig. 11.11. Uşă de acces tipică, ecranată.

lelor mai grele utilizate de obicei în astfel de construcţii. Pentru a evita îndoirea excesivă este de preferat să se folosească oţel moale cadmiat în loc de aliaje de aluminiu pentru confecţionare panourilor terminatoare de cabluri mari (în care s-au perforat un număr de găuri pentru cablurile de conexiune).

Pe astfel de panouri terminatoare nu se va aplica vopsea de finisare pentru a se realiza muchiile de contact electric necesare, cu toate că o mascare corespunzătoare este totuşi necesară. De asemenea este necesară construcţia unei cutii de tablă etanşă la praf care va proteja panoul de acţiunea, altfel inevitabilă, a factorilor climatici. În fig. 11.12. este prezentat un tablou terminator de cabluri tipic, montat pe o cabină ecranată.

Se va acorda o atenţie specială metodei de prindere a flanşelor conectorului care totdeauna trebuie să fie legate galvanic de suprafaţa exterioară a panoului pentru a evita producerea de interferenţă de radiofrecvenţă în interiorul cabinelor.

Ecranarea completă a carcaselor de echipament

O ecranare completă sau totală este necesară atunci cînd anumite categorii de echipamente sînt supuse unor cîmpuri de radiaţie intense. În particular astfel de echipamente pot fi întîlnite la bordul navelor, unde cîmpuri magnetice, generate de exemplu de alternatoare mari, generatoare sau convertoare rotative, pot avea efecte nedorite nu numai asupra busolei navei ci şi asupra sistemelor de comandă şi ghidare ale armelor ce se găsesc la bordul navelor maritime şi militare. Cele mai multe nave maritime şi militare au la bordul lor de asemenea antene radar, ale căror radiaţii se pot dovedi a fi surse de interferenţă, dacă echipamentul electronic sensibil nu este ecranat corespunzător.

Ecranarea are scopul dublu, de-a limita cîmpurile electrice şi magnetice la o regiune de dimensiuni reduse în jurul sursei radiante şi de-a preveni sau atenua radiaţia provenită din alte surse ce ating echipamentele sensibile. Materialul de ecranare va trebui, prin urmare, să aibă proprietăţi atît de limitare a radiaţiei cît şi de excludere a ei.

Avînd în vedere că echipamentul naval trebuie să fie de asemenea bine construit pentru a satisface cerinţe severe la şocuri şi vibraţii, conform specificaţiilor diverselor ţări materialul cel mai potrivit pentru a satisface cerinţele de mai sus este oţelul moale. În afara proprietăţilor sale de rezistenţă, oţelul moale prezintă o conductivitate suficient de redusă pentru a produce o ecranare de înaltă impedanţă şi o permeabilitate suficient de ridicată pentru a produce o ecranare de joasă impedanţă. Oţelul moale poate deci limita sau exclude ambele interferenţe. Ecranele de înaltă permeabilitate sau magnetice pot exclude frecvenţele audio sau de putere generate în gama de 50 Hz la 100 kHz. Este de menţionat că oţelul inoxidabil, deşi material valoros ca materialul structural

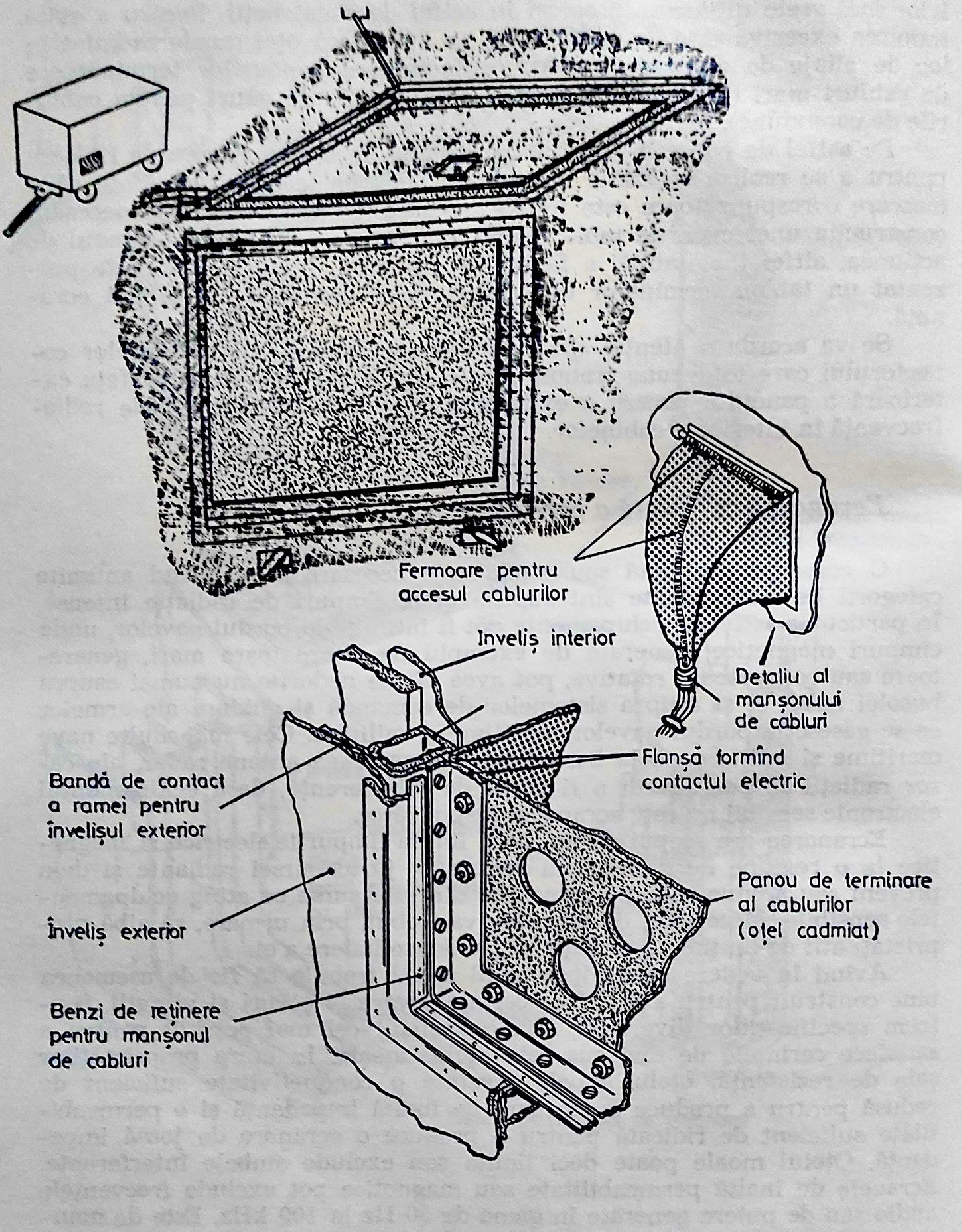

Fermoare pentru accesul cablurilor
Inveliș interior
Detaliu al manșonului de cabluri
Bandă de contact a ramei pentru învelișul exterior
Flanșă formînd contactul electric
Panou de terminare al cablurilor (oțel cadmiat)
Înveliș exterior
Benzi de reținere pentru manșonul de cabluri

Fig. 11.12. Ansamblu tipic de panou terminator de cabluri ecranate.

în medii corozive, în special la bordul navelor, are o permeabilitate foarte scăzută și nu este prin urmare eficace ca mediu magnetic de ecranare.

Ecranele de înaltă conductivitate (electrostatice) sînt necesare pentru a exclude frecvențe mai mari de 100 kHz și pentru acestea se folosesc materiale ca de exemplu cuprul, aluminiul sau bronzul, construindu-se incinte adiționale sau secundare în interiorul cabinelor de oțel moale. O deosebită grijă este necesară pentru evitarea generării de potențiale constante, prin pasivizarea corespunzătoare a materialelor ce interacționează electric și din motive de structură de rezistență ajung în joncțiune.

Ca ordin de mărime, efectul absorbant de ecran al cuprului este egal cu 3,34 $t\sqrt{f}$, unde t este grosimea ecranului în miimi de inch și f este frecvența în MHz. Efectele de ecran ale altor metale se pot exprima prin raportarea lor la cupru și prin urmare, într-o primă aproximare, efectul absorbant de ecran al metalelor este 3,34 $t\sqrt{f}\,K_1K_2$, unde K_1 este conductivitatea metalului ales raportată la cupru și K_2 este permeabilitatea aceluiași material raportată la cupru. În afara efectului absorbant de ecran mai există și o pierdere prin reflexie ce trebuie adăugată pentru a obține efectul global de ecranare. Acest factor poate fi totuși neglijat deoarece formulele de mai sus au o marjă de siguranță corespunzătoare.

Ecranarea dulapurilor

În interiorul dulapurilor, circuitele electronice deosebit de sensibile sînt în mod obișnuit ecranate separat și sînt alimentate prin intermediul unor cabluri, conectoare și socluri dublu ecranate. Mai mult, sursele care alimentează astfel de circuite trebuie să fie filtrate în mod corespunzător, așa cum s-a descris mai sus în acest capitol.

Dacă mai multe circuite sensibile trebuiesc ecranate, există practica de a le introduce într-un dulap care este el însuși o incintă ecranată. În fig. 11.13. este ilustrată practica de proiectare recomandată în aplicații navale, de-a împărți dulapul în zone care din punct de vedere electric pot fi denumite „poluate“ și „curate“ către care semnalele și puterea sînt furnizate numai prin filtre de decuplare corespunzătoare. Toate cablurile ecranate care intră în zona „curată“ au ecranele exterioare legate la masă la intrare. Se va acorda o anumită atenție componentelor montate pe panou, care dacă este lăsat neecranat, va permite energiei de radiofrecvență să scape din, sau să intre în dulapuri, în special acolo unde panourile instrumentelor sînt construite din materiale plastice. În fig. 11.14 este prezentată o soluție preferată pentru ecranarea de protecție a unor astfel de componente. Din nou, legăturile ecranate trebuie să aibă ecranele exterioare legate la masă înainte de intrare, în caz contrar, energiei de radiofrecvenţă de interferenţă permiţîndu-i-se să intre în incinta ecranată.

Scheletul metalic al dulapului trebuie să fie în întregime o construcţie sudată. Dacă se lasă orificii pentru accesul panourilor, uşilor, instrumentelor, sau a unor panouri de control, perimetrul unor asemenea orificii nu trebuie mascat la vopsire pentru a lăsa o suprafaţă de contact conductoare care să facă legătură galvanică cu partea respectivă cu care intră în contact. Această suprafaţă trebuie să fie plană şi fără ondulaţii, în limitele rezonabile ale practicii de prelucrare. Orice sudură trebuie să fie fără zgură, bavuri, etc., deoarece prinderea panourilor trebuie să se facă pe o suprafaţă cît mai mare, scopul fiind să se obţină o suprafaţă netedă pentru joncţiunea prin flanşă. Cînd aceasta nu se poate obţine, suprafeţele neregulate trebuie să fie umplute cu garnituri de radiofrecvenţă.

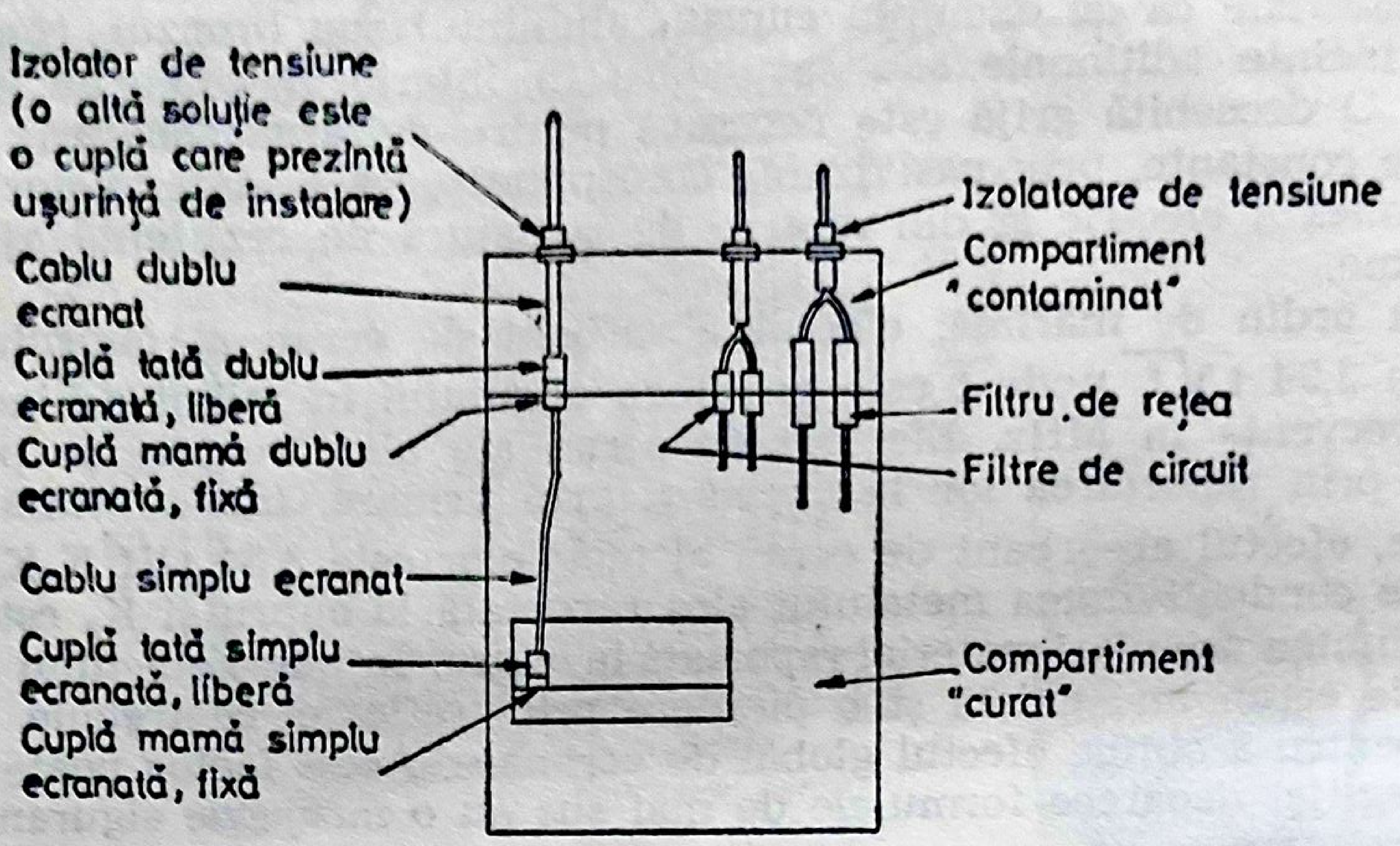

Izolator de tensiune (o altă soluţie este o cuplă care prezintă uşurinţă de instalare)
Cablu dublu ecranat
Cuplă tată dublu ecranată, liberă
Cuplă mamă dublu ecranată, fixă
Cablu simplu ecranat
Cuplă tată simplu ecranată, liberă
Cuplă mamă simplu ecranată, fixă
Izolatoare de tensiune
Compartiment "contaminat"
Filtru de reţea
Filtre de circuit
Compartiment "curat"

Fig. 11.13. Incintă ecranată.

Aceste materiale de etanşare de radiofrecvenţă se pot clasifica conform modului de utilizare. Cele mai multe dintre materialele de etanşare iau o formă permanentă după cîteva comprimări şi nu mai revin la for-

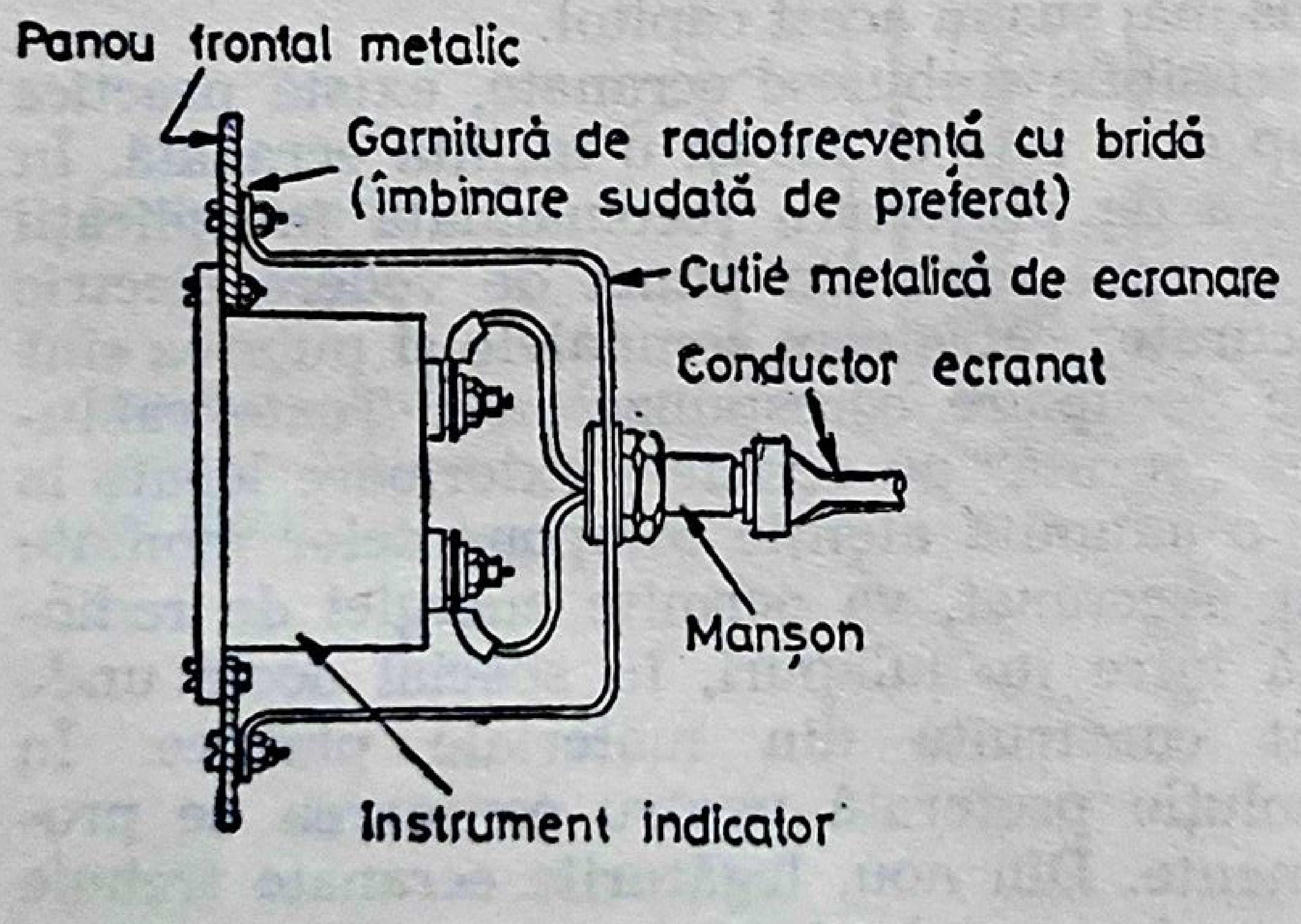

Panou frontal metalic
Garnitură de radiofrecvenţă cu bridă (îmbinare sudată de preferat)
Cutie metalică de ecranare
Conductor ecranat
Manşon
Instrument indicator

Fig. 11.14. Incintă ecranată pentru instrumente.

ma inițială cînd acțiunea deformatoare încetează. Producătorii de astfel de materiale specifică de obicei, grosimea minimă a garniturii în funcție de un factor de neregularitate *N* care depinde de frecvența și de modul în care joncțiunea este deschisă și închisă în timpul exploatării echipamentului. Neregularitatea joncțiunii ia în considerare interstițiul anticipat maxim care poate apare între suprafețele ce se află în contact și include toleranțele de prelucrare și deformările ce pot apare în timpul exploatării.

În consecință:

a) pentru joncțiune permanent închisă, N=2 ceea ce face ca grosimea minimă a garniturii să fie de, să zicem, două ori cît neregularitatea joncțiunii, exemple tipice de astfel de joncțiuni sînt cele asociate cu filtre de radiofrecvență, instrumente de măsură etc.

b) pentru joncțiuni cu poziție fixă care se reînchid, ca de exemplu cele asociate cu sertare, uși și capace, N=3, și

c) pentru joncțiuni complet interschimbabile, ca de exemplu plăcile de acoperire și inspectare care trebuie demontate frecvent N=4.

Printre materialele de etanșare de radiofrecvență tipice, se află monelul, oțelul inoxidabil, bronzul argintat și aluminiul. Metalul este adesea combinat cu cauciuc siliconic sau neopren pentru a forma o combinație pentru garnituri cu scop dublu: de ecranare de radiofrecvență și de etanșare ermetică. Dimensiunile fizice și proprietățile de exploatare ale acesteia depind de joncțiune și de utilizarea ei într-un mediu dat. Presiunile de închidere și temperatura joncțiunii sînt desigur critice, în special, deoarece materialele de etanșare ermetică au limitări privind temperatura de utilizare a lor (neoprenul: de la —20°C la +120°C; cauciucul siliconic: de la —70°C la +200°C).

În plus, este necesar să fie luată în considerare coroziunea metalelor folosite pentru garnituri de radiofrecvență în special în medii marine. Coroziunea reduce conductivitatea și deoarece proprietățile de ecranare ale materialelor sînt dependente de o bună conductivitate rezultă să se reduce de asemenea eficacitatea garniturilor de radiofrecvență. Cînd compatibilitatea materialelor este luată în considerare din punctul de vedere al coroziunii trebuie ținut cont de faptul că materialul pentru garnitură are o suprafață mult mai mică decît materialul de contact și în consecință rezistența la coroziune a garniturilor este factorul principal care trebuie luat în considerare.

În tabelul 11.1. sînt prezentate comparativ proprietățile de conductivitate și coroziune ale monelului, oțelului inoxidabil, bronzului argintat și aluminiului, numerele arătînd ordinea de prioritate în care sînt recomandate.

Tabela 11.1

Material pentru garnitură	Rezistență la coroziune	Conductivitate		Observații
		Rezistență de contact	Rezistența unui fir	
Monel	1	2	3	Cel mai rezistent la coroziune Rezistența excelentă la formarea peliculei de oxid izolator
Oțel inox.	2	3	4	Rezistent la coroziune
Alamă argintată	3	1	2	Cel mai bun compromis între conductivitatea intrinsecă mare și o rezistență de contact mică
Aluminiu	4	4	1	Cel mai bun conducător dar formează peliculă de oxid izolator Cel mai puțin rezistent la coroziune

Lista specificațiilor de nivel de zgomot (Marea Britanie)

Următoarele specificații de standard ar putea fi adaptate pentru sisteme de afișare și sisteme de informații funcționînd într-un mediu static sau mobil.

Tipul sistemului	Specificație
Sisteme instalate în clădiri unde echipamentele sînt montate alături de console de vizualizare aranjate în grup. Asemenea sisteme pot fi asociate cu echipamente de control al traficului, calculatoare și echipamente de transmisie.	BS2G, partea a 2-a secțiunea a 2-a octombrie 1967. Gradul „C“.
Sisteme simple (fără calculator) cu echipamente de comunicație minimale, de asemenea în clădiri.	BS800 1954 plus amendamentul din aprilie 1958. Specificații date în valori aproximative de vîrf.
Sisteme în cabine mobile pentru aplicații militare avînd o densitate de echipamente ridicată și unde există posibilitate de perturbații de la radar sau antenele de comunicații.	BS2G-100. Secțiunea a 2-a, octombrie 1967, gradul „C“.
Sisteme pe nave pentru aplicații navale cu densitate mare de echipament aflate în apropierea unor mașini electrice de curent mare. Posibilitate de perturbații de la radar și antene de comunicații.	Specificații ale marinei BS1957/1963. Specificațiile amiralității.

Metode de legare la masă a sistemelor

Suprimarea interferenței trebuie luată în considerare în stadiul de proiectare a oricărui sistem de prelucrare a datelor. Experiența arată că factorul cel mai important pentru obținerea nivelelor de interferență reduse este prevederea unei mase de referință comună de joasă impedanță, numită și *masă de referință a sistemului.*

Adesea apare confuzie între cerințele de legare la masa de siguranță sau protecție și la masa de radiofrecvență. Condițiile care satisfac cerințele de legare la masă de siguranță nu satisfac întotdeauna și pe cele de legare la masa de radiofrecvență cu toate că în multe cazuri, o proiectare corectă poate atinge ambele obiective.

În situațiile în care apare un conflict între cele două cerințe, legarea la masa de siguranță este prioritară.

Scopul legării la masa de siguranță este protejarea personalului în situația în care în oricare parte a echipamentului apare o defecțiune de natură electrică. Legarea la masa de siguranță este obligatorie pentru carcasa metalică exterioară a fiecărui dulap dintr-un sistem. Totuși, unitățile care sînt cuprinse într-un singur dulap pot fi, dacă necesitățile de proiectare sînt de acest gen, izolate individual de pereții dulapului și în acest caz unitățile sînt legate la un singur punct de masă prin conexiuni de masă separate (Fig. 11.15).

Curenții de radiofrecvență vor circula cu toate acestea prin părțile metalice ale oricărei părți din echipament, în prezența cîmpurilor electromagnetice și dacă sînt suficient de puternici, pot produce efecte de interferență. Curenții de acest gen pot fi scurtcircuitați la masă în mod similar cu curenții rezultați dintr-o defecțiune electrică, adică printr-o legare la masă eficientă, în următoarele condiții:

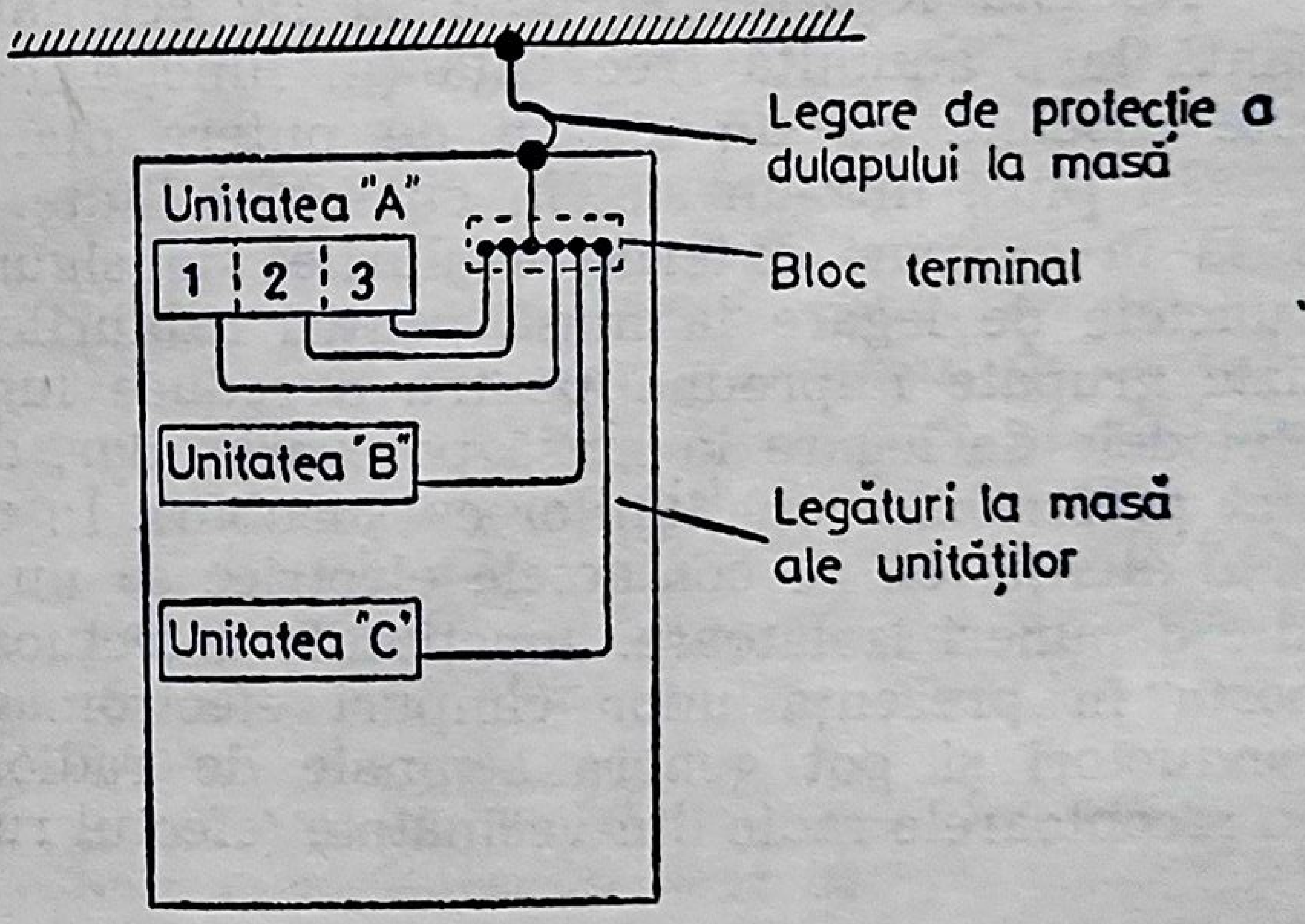

Legare de protecție a dulapului la masă
Unitatea "A"
1
2
3
Bloc terminal
Unitatea "B"
Legături la masă ale unităților
Unitatea "C"

Fig. 11.15. Dulap singular.

a) dimensiunile fizice ale unității sau dulapului să fie mai mici în comparație cu lungimea de undă a frecvenței radio nedorită și

b) lungimea tresei de masă să fie scurtă în comparaţie cu lungimea de undă a frecvenţei de interferenţă. Cînd un sistem conţine mai multe dulapuri, în mod normal, fiecare dulap poate fi tratat separat, dar în mod special se poate dovedi necesară o legătură la masă specială, care să interconecteze toate unităţile din dulapuri (fig. 11.16).

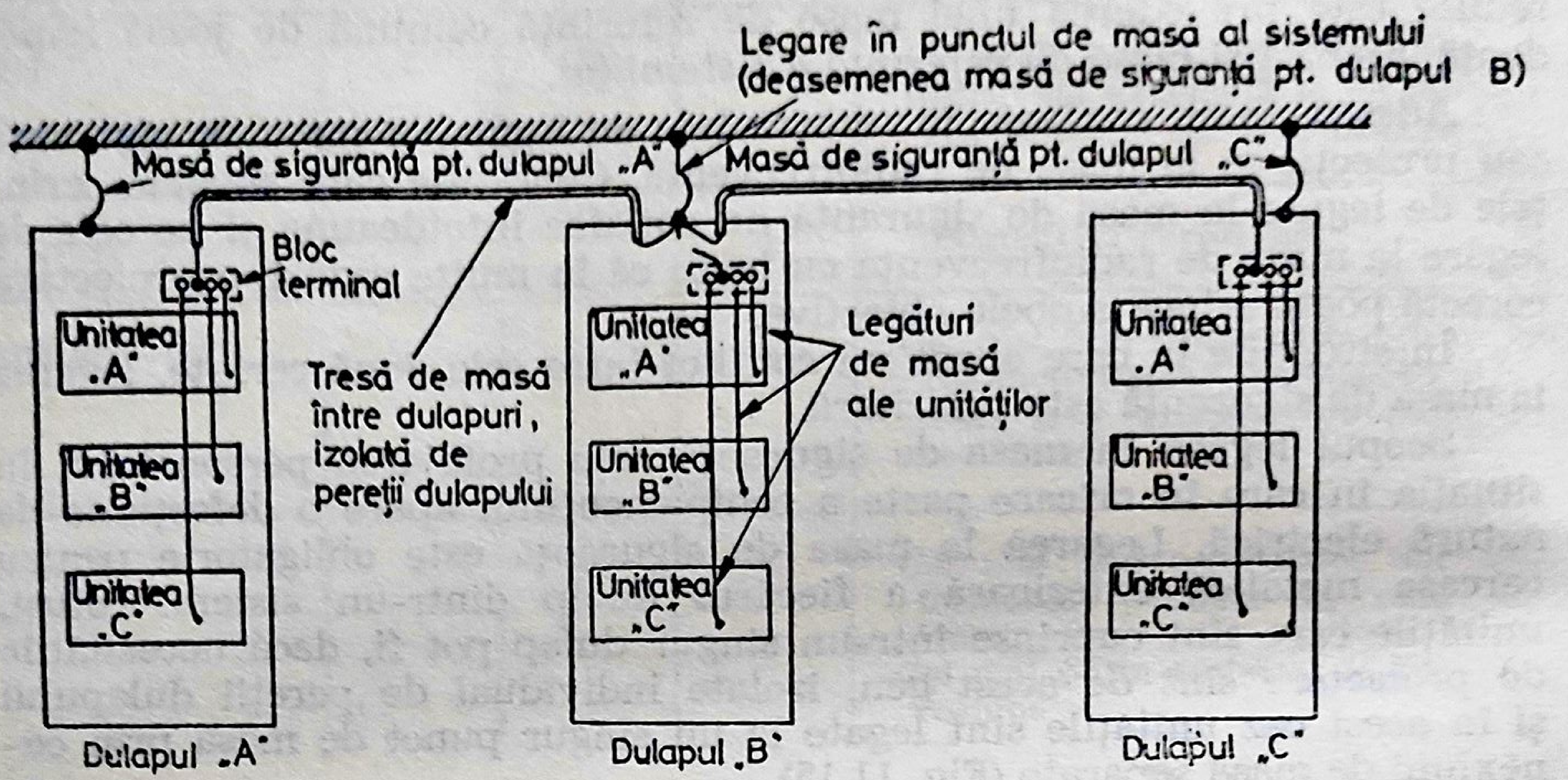

Legare în punctul de masă al sistemului
(deasemenea masă de siguranţă pt. dulapul B)
Masă de siguranţă pt. dulapul „A"
Masă de siguranţă pt. dulapul „C"
Bloc terminal
Tresă de masă între dulapuri, izolată de pereţii dulapului
Legături de masă ale unităţilor
Unitatea „A"
Unitatea „B"
Unitatea „C"
Unitatea „A"
Unitatea „B"
Unitatea „C"
Unitatea „A"
Unitatea „B"
Unitatea „C"
Dulapul „A"
Dulapul „B"
Dulapul „C"

Fig. 11.16. Sistem ce conţine mai multe dulapuri.

Această legătură trebuie să fie ecranată, deoarece ea va fi rezonantă la o anumită frecvenţă (în funcţie de lungimea tresei) şi dacă este asociată cu un sistem de putere mare, legătura ar putea radia.

În plus, într-un sistem cu sensibilitate mare, legătura poate fi expusă la cîmpuri externe. Nulurile (de siguranţă ale dulapurilor) ca şi punctele de legare la masă pentru cablurile de ecranare trebuie să fie fizic grupate împreună pentru a reduce lungimea căii de interferenţă. Metodele de legare la masă pot varia, dar, deobicei, lipirea sau sudarea sînt preferabile joncţiunilor cu şuruburi. În mod particular trebuie acordată atenţie ca pe contactele electrice să nu existe urme de vopsea sau alte depuneri izolatoare. Joncţiunile defectuoase cu şuruburi se pot comporta în prezenţa unor cîmpuri electromagnetice puternice ca semiconductori şi pot genera semnale de radiofrecvenţă care să interfere cu receptoarele radio din vecinătate (efectul rusty-bolt).

Masa de referinţă a sistemului (MRS)

În trecut, *MRS* putea avea forma unui conductor mare secţionat transversal, tipic de diametrul 6,5 mm, aranjat ca un conductor liniar. S-a folosit de asemenea bandă de cupru de obicei cu secţiunea de 25 mm×3 mm cu conductori de scurtcircuitare legaţi la echipament.

Banda de cupru era așezată sub forma unui conductor liniar, fiind legată la masă numai într-un punct sau avea forma unei stele, fiind legată la masă în punctul central. Aceste metode sînt încă satisfăcătoare în mod rezonabil pentru sisteme mici, simple, însă pentru exploatarea cu succes a unor sisteme de prelucrare și transmisie de date, cu calculatoare electronice, sînt necesare rețele mai complicate.

Scheme de zone de legare la masă

În fig. 11.17; 11.18; și 11.19 sînt prezentate scheme de masă de referință de sistem pentru instalații sub podea, pe tavan și respectiv mobile.

Aceste figuri ilustrează instalații tipice în care grupurile de echipamente, în consecință și conductorii de zonă pot avea locații separate. Acestea însă în nici un caz nu sînt singurele configurații și se pot proiecta variante pentru a corespunde unei forme particulare de instalație pentru *MRS*. Totuși se va vedea că orice *MRS* constă în principal din două părți: a) conductorul (conductorii) de zonă și b) interconexiunea (interconexiunile) de joasă impedanță. Scopul conductorului de zonă este de-a prevedea o masă de joasă impedanță (în gama de frecvențe previzibile) peste întreaga suprafață ocupată de echipamente în așa fel încît conexiunile de la echipamente la *MRS* să fie cît mai scurte posibil. În acest mod, impedanța mare care se asociază cu conductorii lungi și variațiile de tensiune ce rezultă sînt evitate sau minimizate.

Scopul interconexiunilor de joasă impedanță este dublu, în primul rînd o astfel de conexiune minimizează diferența de potențial dintre conductorii zonei și în al doilea rînd ele oferă puncte de lipire pentru ecranele cablelor, în poziții intermediare, dacă acestea sînt necesare. Deoarece, partea metalică a corpului, a surselor de alimentare, conexiunile de tensiuni zero și ecranele cablurilor vor fi conectate la *MRS*, aceasta ar trebui să fie proiectată pentru a forma sistemul de suport al cablului. O altă soluție ar fi proiectarea sistemului suport al cablurilor prin folosirea unor jgheaburi speciale într-o configurație în care principiile de proiectare ale *MRS* să fie respectate. În oricare dintre forme, costul suplimentar de realizare a unei *MRS* de formă zonală în comparație cu metodele precedente care folosesc sisteme stea sau linie, va fi minimizat.

Pentru sisteme mobile, peretele interior al cabinelor formează conductorul de zonă încît singurul cost suplimentar este asociat cu conexiunile prin lipire. Jgheaburile de cablu sau oricare altă formă de construcție metalică din tablă ar trebui confecționată din aliaj de aluminiu, deoarece acesta are calitățile optime de conductivitate scăzută și cost moderat. În acest moment părerea unui specialist este valoroasă pentru estimarea impedanței de sistem cerute, prin determinarea specificațiilor exacte pentru tabla de aluminiu expandant.

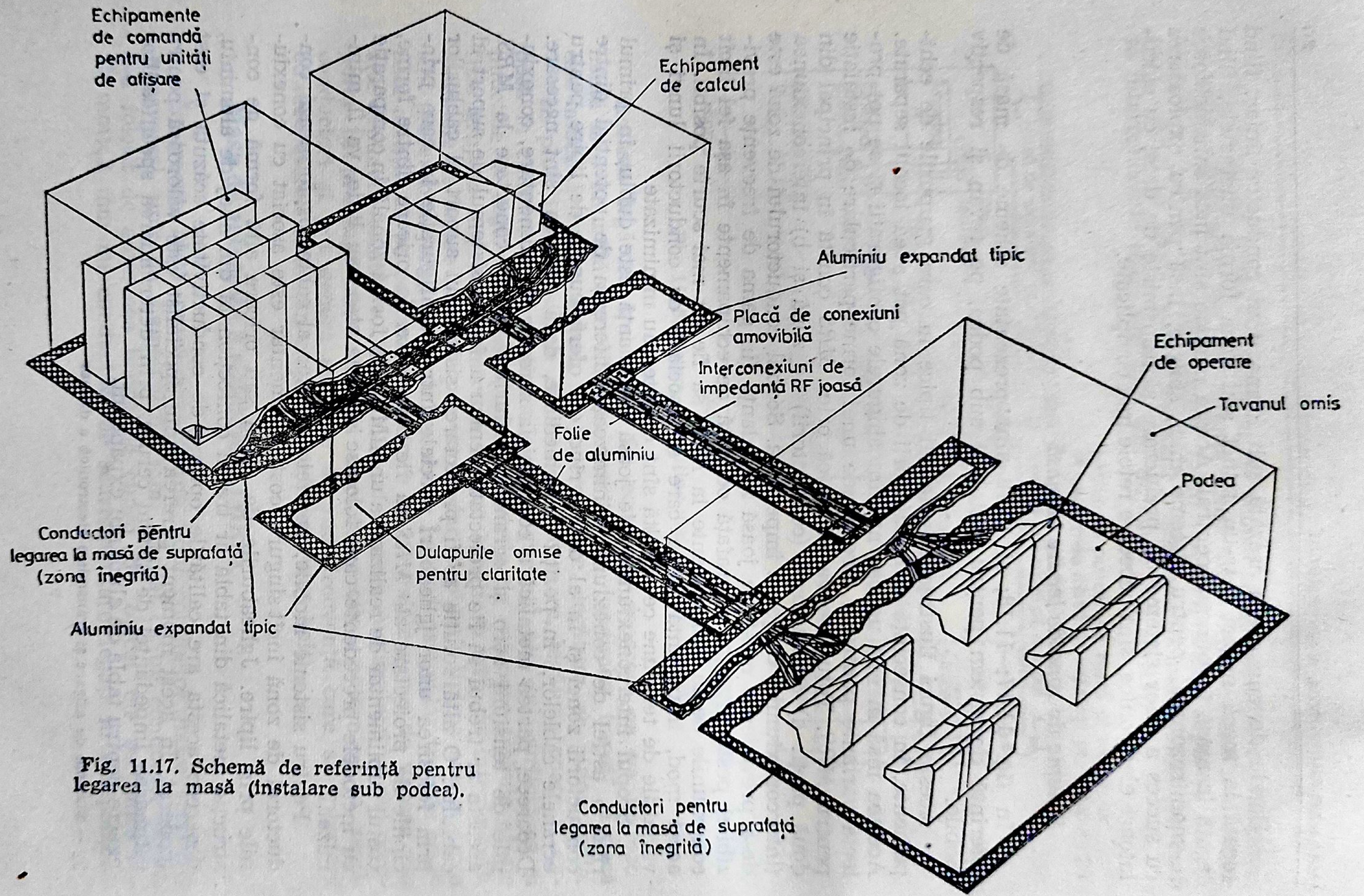

Echipamente
de comandă
pentru unități
de afișare
Echipament
de calcul
Aluminiu expandat tipic
Placă de conexiuni
amovibilă
Interconexiuni de
impedanță RF joasă
Echipament
de operare
Tavanul omis
Folie
de aluminiu
Podea
Conductori pentru
legarea la masă de suprafață
(zona înegrită)
Dulapurile omise
pentru claritate
Aluminiu expandat tipic
Conductori pentru
legarea la masă de suprafață
(zona înegrită)

Fig. 11.17. Schemă de referință pentru legarea la masă (instalare sub podea).

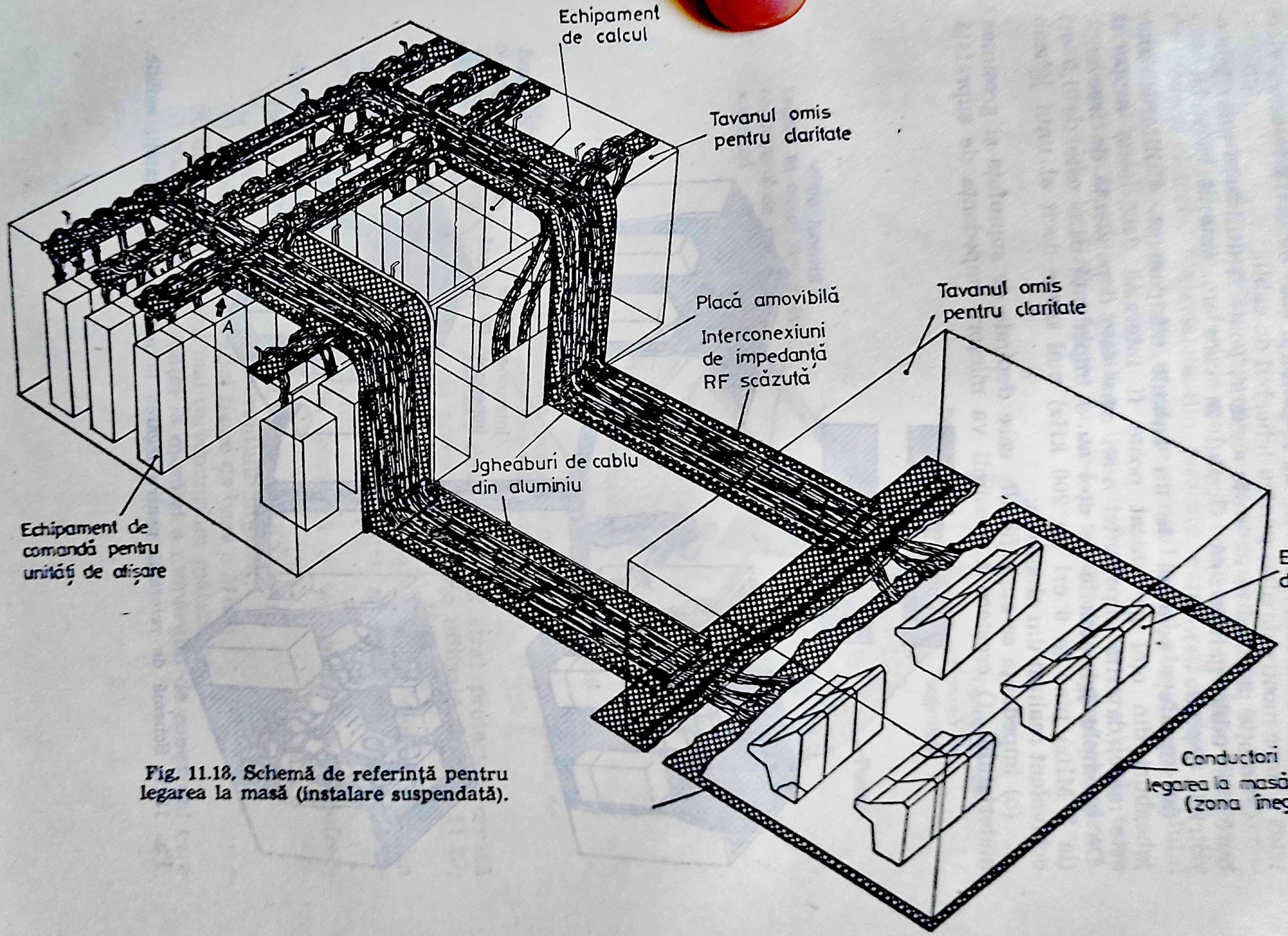

Echipament de calcul
Tavanul omis pentru claritate
A
Placă amovibilă
Interconexiuni de impedanță RF scăzută
Tavanul omis pentru claritate
Jgheaburi de cablu din aluminiu
Echipament de comandă pentru unități de afișare
Echipament de operare
Conductori pentru legarea la masă de suprafață (zona înegrită)

Fig. 11.18. Schemă de referință pentru legarea la masă (instalare suspendată).

Pentru a satisface cerințele de impedanță este necesară testarea electrică a unor mostre de aliaj pentru jgheabul de cablu.

O soluție practică în anumite sisteme, poate fi utilizarea unor jgheaburi din tablă galvanizată. Gradul în care un anumit material este potrivit, depinde de:

(a) suprafața ocupată de un anumit echipament. Utilizarea unor jgheaburi din oțel galvanizat poate fi interzisă dacă zona acoperită este mare, datorită impedanței mari care este dependentă de frecvență. De exemplu jgheaburile de oțel au o impedanță care este de 1,5 ori (la 2 MHz) pînă la 6 ori (la 200 kHz) mai mare decît al unui jgheab echivalent realizat din aluminiu;

(b) impedanța sa superficială, care depinde de suprafața și grosimea materialului. O creștere a grosimii va micșora impedanța de suprafață

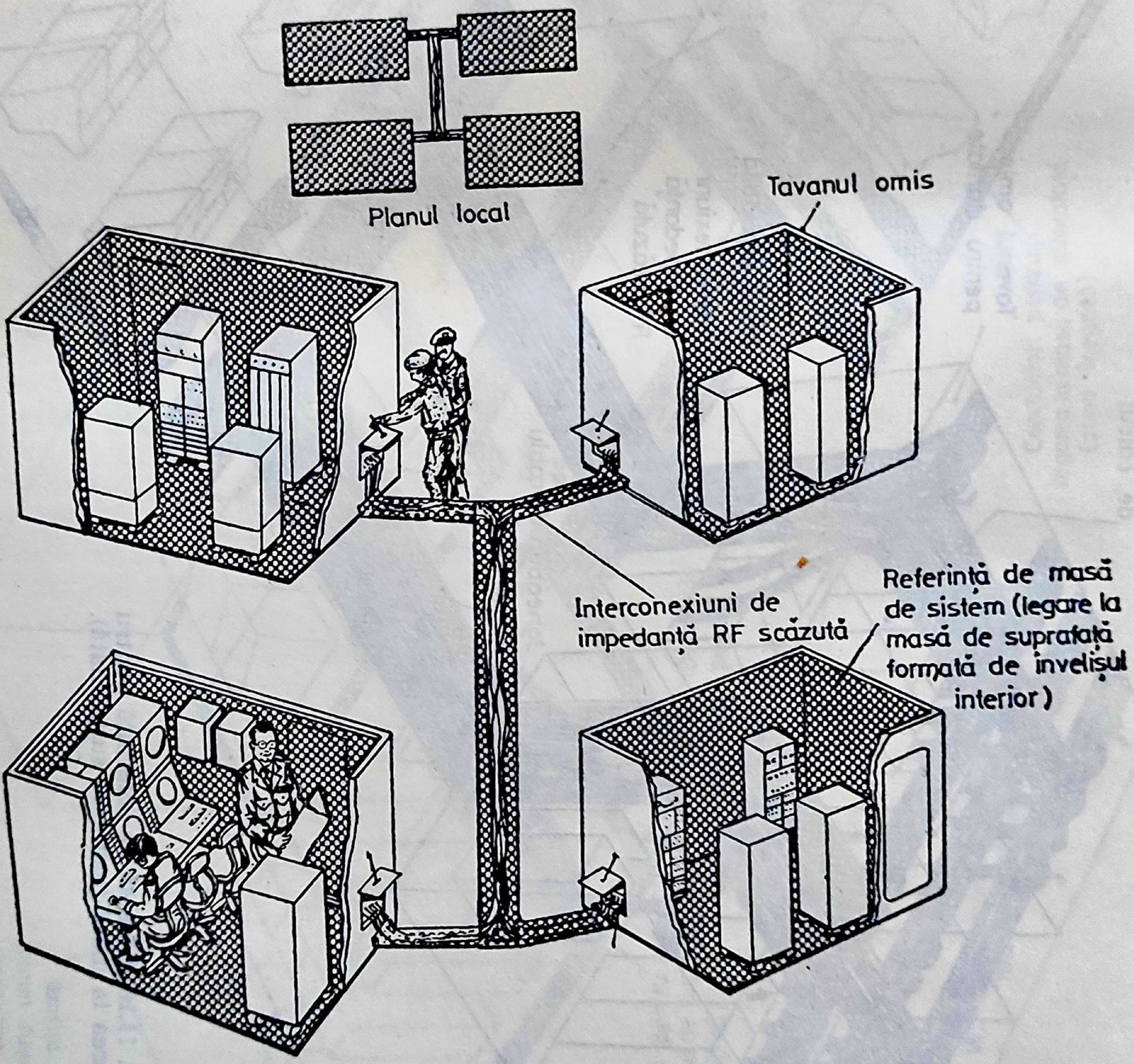
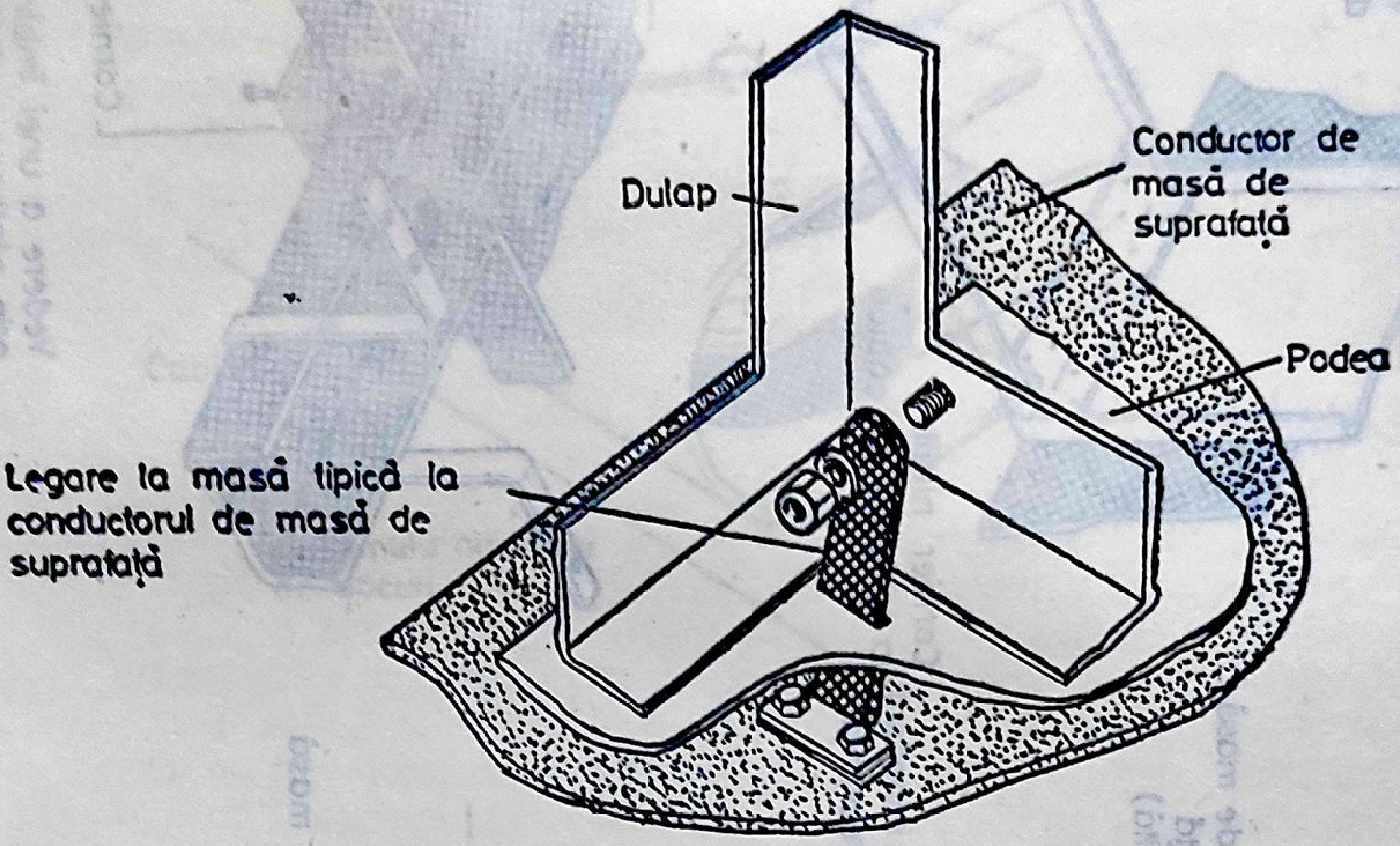

Planul local
Tavanul omis
Interconexiuni de impedanță RF scăzută
Referință de masă de sistem (legare la masă de suprafață formată de învelișul interior)

Fig. 11.19. Schemă de referință pentru legarea la masă a unei instalații mobile.

a materialului expandat; o creștere a zonei deschise va crește impedanța;

(c) greutatea cablurilor care poate fi suportată, ceea ce poate conduce la folosirea unor materiale mai grele decît ar fi necesar din punct de vedere electric. Materialele din țesătură expandată trebuie să fie rulate pe un mosor și tăiate scurt, prevenind astfel abraziunea cablului în timpul instalării.

Conexiunile părților metalice, liniilor de tensiune zero și ale ecranelor de cablu la *MRS* trebuie să aibă o rezistență de contact scăzută.


Dulap
Conductor de masă de suprafață
Podea
Legare la masă tipică la conductorul de masă de suprafață

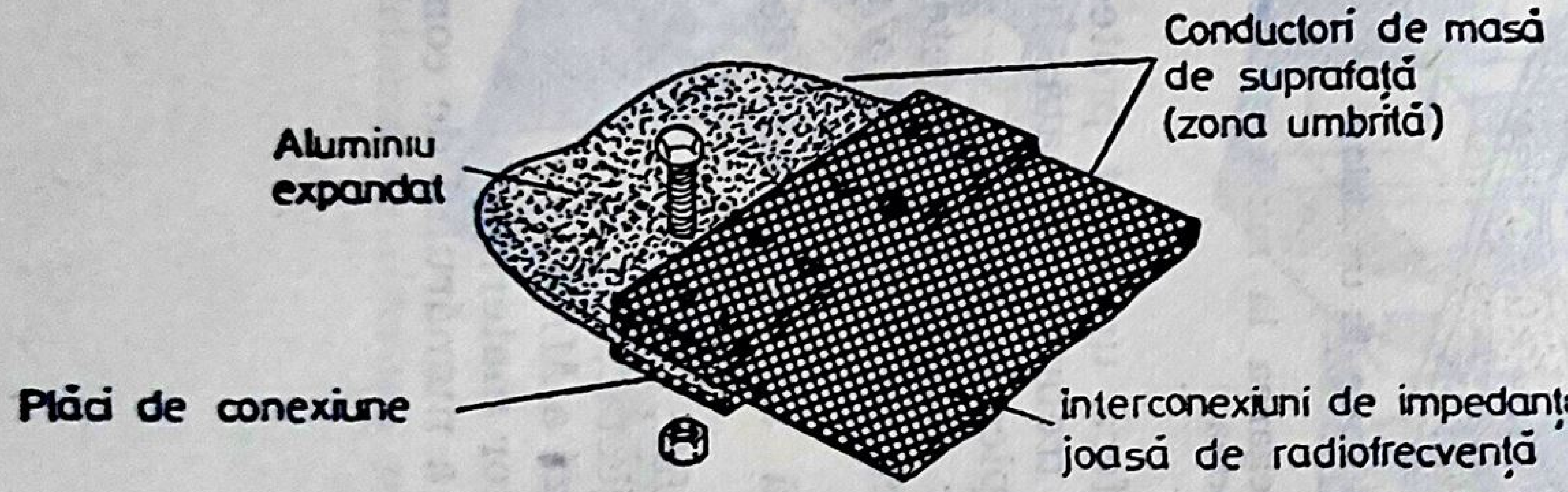
Vedere a unei conexiuni de masă tipice la un dulap

Fig. 11.20. Schemă de referință pentru legarea la masă — detalii de conectare sub podea.

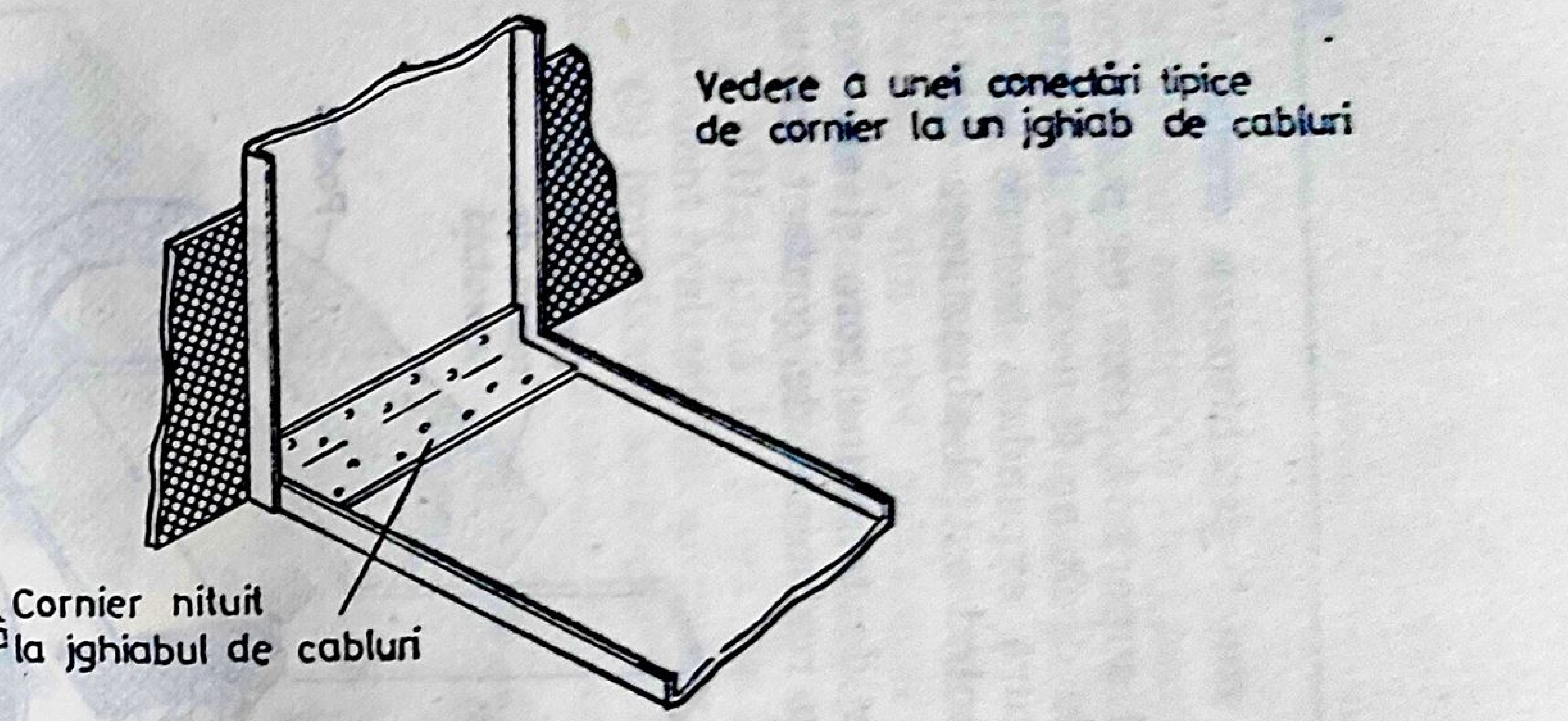
Anodizarea aluminiului expandat, deși oferă un strat protector, crează o rezistență suplimentară și de aceea nu trebuie utilizată. În fig. 11.20; 11.21; și 11.22, sînt prezentate conexiuni tipice la *MRS*.

În rezumat, următorii parametri, vor trebui să fie determinați din timp în cursul proiectării unui sistem pentru a formula o strategie de proiectare a *MRS* corespunzătoare:

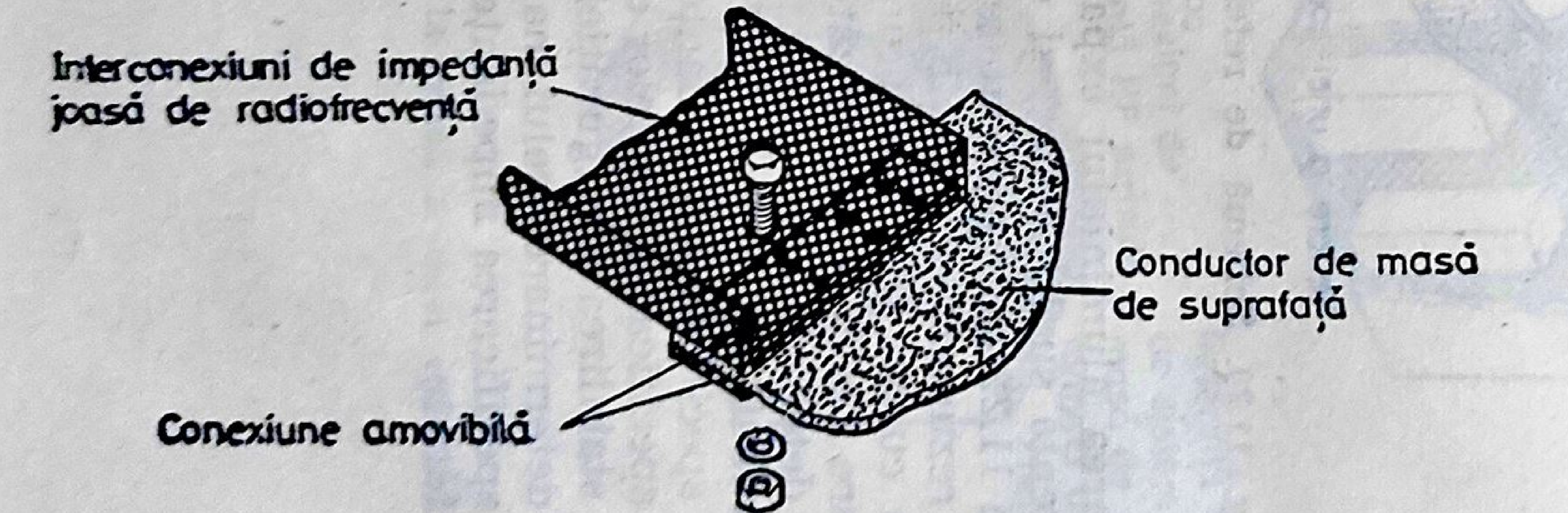
(a) determinarea gamei de frecvență a semnalelor de radiofrecvențe probabile;
(b) specificarea impedanței cerute a *MRS*;
(c) specificarea limitelor curentului injectat;
(d) stabilirea configurației fizice de bază a *MRS*;
(e) determinarea celui mai corespunzător material;
(f) specificarea impedanței la masă și a numărului de conexiuni care trebuie făcute.


Conductori de masă
de suprafață
(zona umbrită)
Aluminiu
expandat
Plăci de conexiune
interconexiuni de impedanță
joasă de radiofrecvență

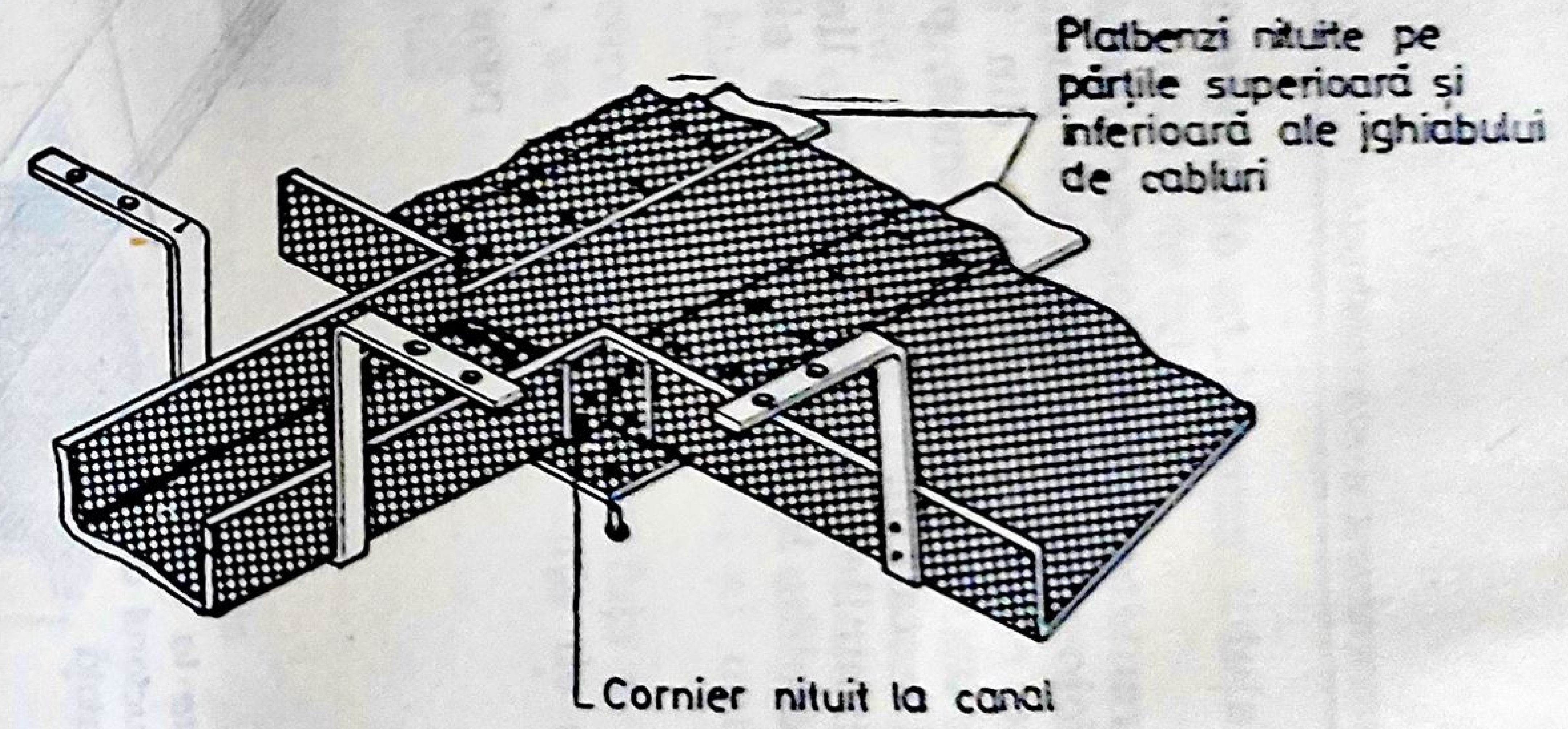
Vedere a plăcilor de conexiune amovibile


Cornier nituit
la jghiabul de cabluri

Vedere a unei conectări tipice
de cornier la un jghiab de cabluri


Interconexiuni de impedanță
joasă de radiofrecvență
Conductor de masă
de suprafață
Conexiune amovibilă

Vedere a plăcilor de conexiune amovibile


Platbenzi nituite pe
părțile superioară și
inferioară ale jghiabului
de cabluri
Cornier nituit la canal

Vedere a unei îmbinări tipice de jghiab de cabluri
prin platbenzi nituite

Fig. 11.21. Schemă de referință pentru legarea la masă — detalii de conectare suspendată.

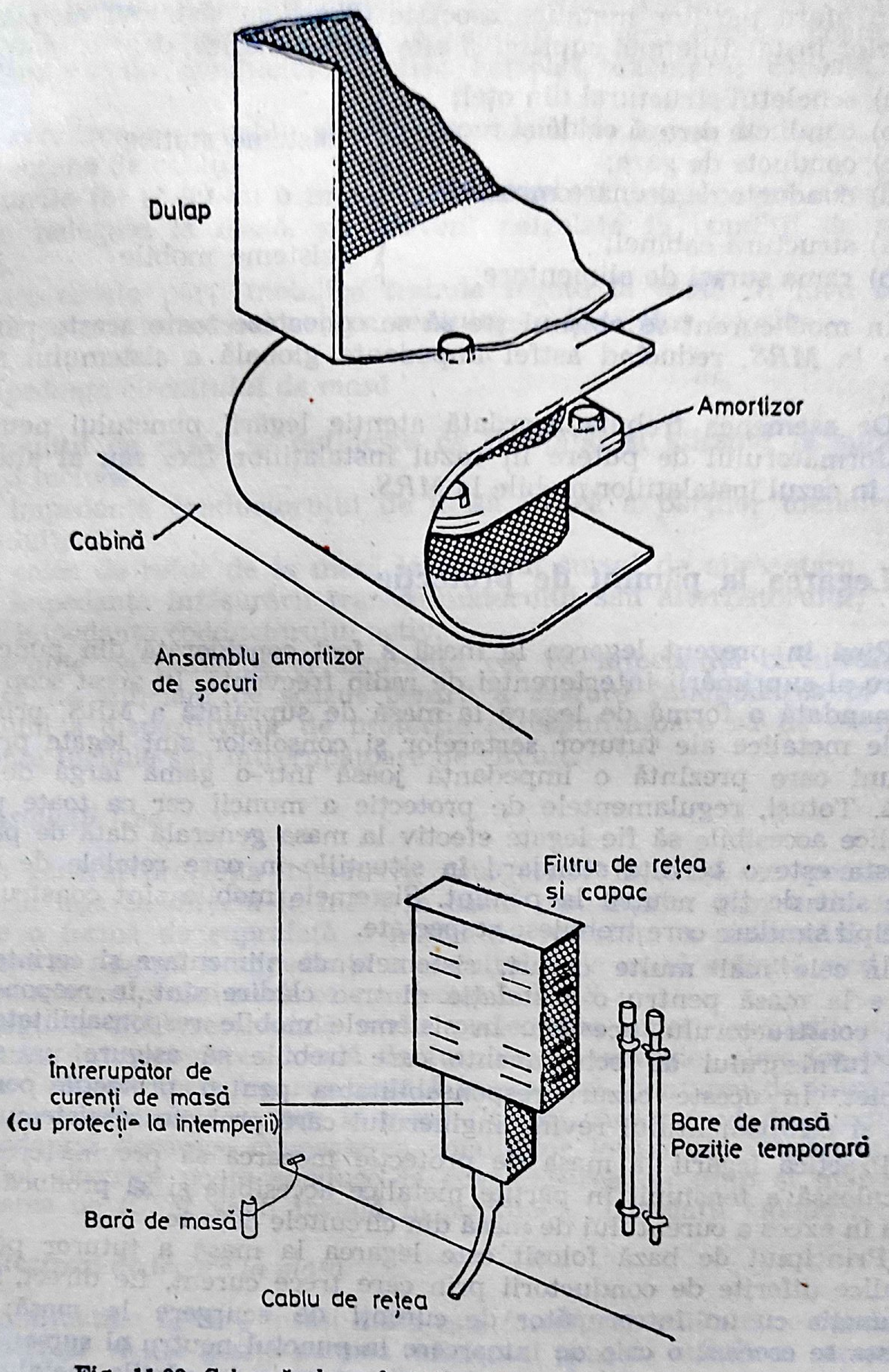

Dulap
Amortizor
Cabină
Ansamblu amortizor
de şocuri
Filtru de reţea
şi capac
Întrerupător de
curenţi de masă
(cu protecţie la intemperii)
Bare de masă
Poziţie temporară
Bară de masă
Cablu de reţea

Fig. 11.22. Schemă de referinţă pentru legarea la masă — conexiuni utilizate în sisteme mobile.

În afara părţilor metalice asociate direct cu sistemul de prelucrare a datelor instalaţiile mai cuprind şi alte părţi metalice, ca:

a) scheletul structural din oţel;
b) conducte de apă caldă şi rece;
c) conducte de gaze;
d) conducte de drenare metalice.
} sisteme statice

a) structura cabinei;
b) rama sursei de alimentare.
} sisteme mobile

În mod curent se obişnuieşte să se conecteze toate aceste părţi metalice la *MRS*, reducînd astfel impedanţa globală a sistemului faţă de masă.

De asemenea trebuie acordată atenţie legării punctului neutral al transformatorului de putere în cazul instalaţiilor fixe sau al alternatorului în cazul instalaţiilor mobile la *MRS*.

Legarea la pămînt de protecţie

Pînă în prezent legarea la masă a fost considerată din punctul de vedere al suprimării interferenţei de radio frecvenţă. În acest scop a fost recomandată o formă de legare la masă de suprafaţă a MRS, prin care părţile metalice ale tuturor sertarelor şi consolelor sînt legate prin conexiuni care prezintă o impedanţă joasă într-o gamă largă de frecvenţă. Totuşi, regulamentele de protecţie a muncii cer ca toate părţile metalice accesibile să fie legate efectiv la masa generală dată de pămînt. Aceasta este o cerinţă standard în situaţiile în care reţelele de distribuţie sînt de tip neutru la pămînt. Sistemele mobile sînt construite pe principii similare care trebuiesc respectate.

În cele mai multe cazuri, sistemele de alimentare şi cerinţele de legare la masă pentru o instalaţie dintr-o clădire sînt în responsabilitatea constructorului acesteia. În sistemele mobile responsabilitatea revine furnizorului de echipamente care trebuie să asigure un sistem complet. În aceste cazuri responsabilitatea pentru protecţia personalului şi echipamentului revine inginerului care proiectează sistemul.

Practica legării la masa de protecţie încearcă să prevină creşterea periculoasă a tensiunii în părţile metalice accesibile şi să producă creşterea în exces a curentului de masă din circuitele defecte.

Principiul de bază folosit este legarea la masă a tuturor părţilor metalice diferite de conductorii prin care trece curent, fie direct, fie în conjuncţie cu un întrerupător de curenţi de scurgere la masă; prin aceasta se creează o cale de întoarcere la punctul neutru al sursei, legat la masă, pentru curenţii de scurtcircuit ce apar în părţile metalice ale instalaţiei.

Părțile metalice ale sistemelor de prelucrare a informației cuprind:
(a) orice parte metalică, care în condiții de scurtcircuit, poate veni în contact cu un conductor electric neizolat, exemplu: consolă, grătar, etc.;
(b) conectoare de cablu și seturi accesorii de borne de ieșire;
(c) ecrane de cablu.

Cazurile (b) și (c) au o importanță deosebită deoarece conectorii sau ecranele nelegate la masă, pot deveni neizolate în condiții de scurtcircuit.

Toate aceste părți metalice trebuie legate la masă în mod corespunzător prin intermediul echipamentului în care sînt folosite.

Impedanța circuitului de masă

Circuitul de masă se definește ca începînd și sfîrșind la sursa de defect și include:
a) impedanța conductorului de masă (adică a părților metalice ale sistemului);
b) calea de retur de la masă la neutrul sursei de alimentare;
c) impedanța înfășurării transformatorului sau alternatorului;
d) impedanța conductorului activ.

Regulile de protecție și siguranță cer ca impedanța circuitului de masă să fie suficient de scăzut pentru a asigura funcționarea în bune condițiuni a dispozitivelor de protecție corespunzătoare ca de exemplu: siguranțe fuzibile sau întrerupătoare de circuit.

Instalații fixe

În general protecția împotriva scurgerilor la masă se poate realiza prin legarea directă la masă în cazul instalațiilor fixe unde se folosește o formă de suprafață a masei de referință a sistemului *MRS*, deoarece se asigură o impedanță a circuitului de masă scăzută cînd neutrul transformatorului sursă este conectat la *MRS*.

Regulile IEE* recomandă ca la proiectarea unei instalații să fie consultată întreprinderea locală de furnizare a energiei electrice pentru a face o alegere între legarea directă la masă și montarea de întrerupătoare de curent de scurgere la masă (*ICSM*). Acest mod de lucru trebuie adoptat deoarece cunoașterea condițiilor locale ale rolului și distribuției electrice poate conduce la economisirea de timp și materiale Utilizarea de *ICSM* va fi tratată în secțiunea „Instalații mobile“.

Electrozi de legare la masă

În situațiile în care însăși masa este folosită în calitate de conductor este necesar să fie găsite metode eficiente pentru stabilirea unor conexiuni de impedanță mică. Aceste conexiuni se realizează prin intermediul unui electrod care, fie se îngroapă în pămînt, fie se introduce prin batere.

---

* Instituția Inginerilor electricieni din Marea Britanie.

Factorii care influențează impedanța efectivă față de masă a oricărui sistem de electrozi sînt:

a) rezistivitatea solului, care este influențată de:
— compoziția chimică a solului și,
— umiditatea solului;

b) variațiile sezoniere ale umidității (aceasta poate varia în funcție de anotimp, dar și pe perioade scurte în funcție de condițiile atmosferice);

c) căile de curent prin sol;

d) configurația electrodului (bară rotundă, lamă, tub) și de numărul de electrozi;

e) efectul de uscare al curenților de scurgere în solul învecinat electrodului.

De asemenea sînt necesare verificări de întreținere regulate pentru a se asigura o eficacitate permanentă a legării la masă în special în zone cu climat uscat, recomandîndu-se inspecții la intervale de trei luni. În fig. 11.23. este prezentată distribuția puterii și rețeaua de legare la masă a unei instalații fixe cu *MRS*.

Instalații mobile

Un sistem mobil, prin definiție, poate fi deplasat în locuri diferite, astfel încît obținerea unei legări la masă eficiente se poate realiza mult mai greu decît în cazul instalațiilor fixe.

Se dovedește nepractic să se realizeze aranjamente complicate cu electrozi de legare la masă în principal din cauza timpului scurt disponibil pentru punerea în funcțiune a echipamentului. În această situație este obligatorie utilizarea de întrerupătoare de curenți de scurgere la masă (*ICSM*). La fel ca la sistemele statice toate părțile metalice ale echipamentului, sertare, console, structuri de cabină și rame ale surselor de alimentare trebuie să fie unite între ele prin legături de impedanță joasă, sistemul de interconexiuni complet formînd masa de referință a sistemului (*MRS*).

Întrerupătoare de curent de scurgere
la masă acționate prin curent

Perfecționarea în ultimii ani a sensibilității funcționării acestor întrerupătoare a stimulat folosirea lor în situații dificile de legare la masă. Principiul de funcționare se bazează pe faptul că într-un circuit „sănătos“ vectorul sumă al curenților din fiecare fază și conductorul neutru, este zero.

În cazul în care apare un defect prin legarea la masă a unei faze, un curent dezechilibru va curge spre neutrul legat la masă printr-o cale diferită de aceea a conductorului neutral. Acest curent poate fi detectat printr-un transformator de curent corespunzător şi utilizat pentru acţionarea miezului întrerupătorului de circuit.

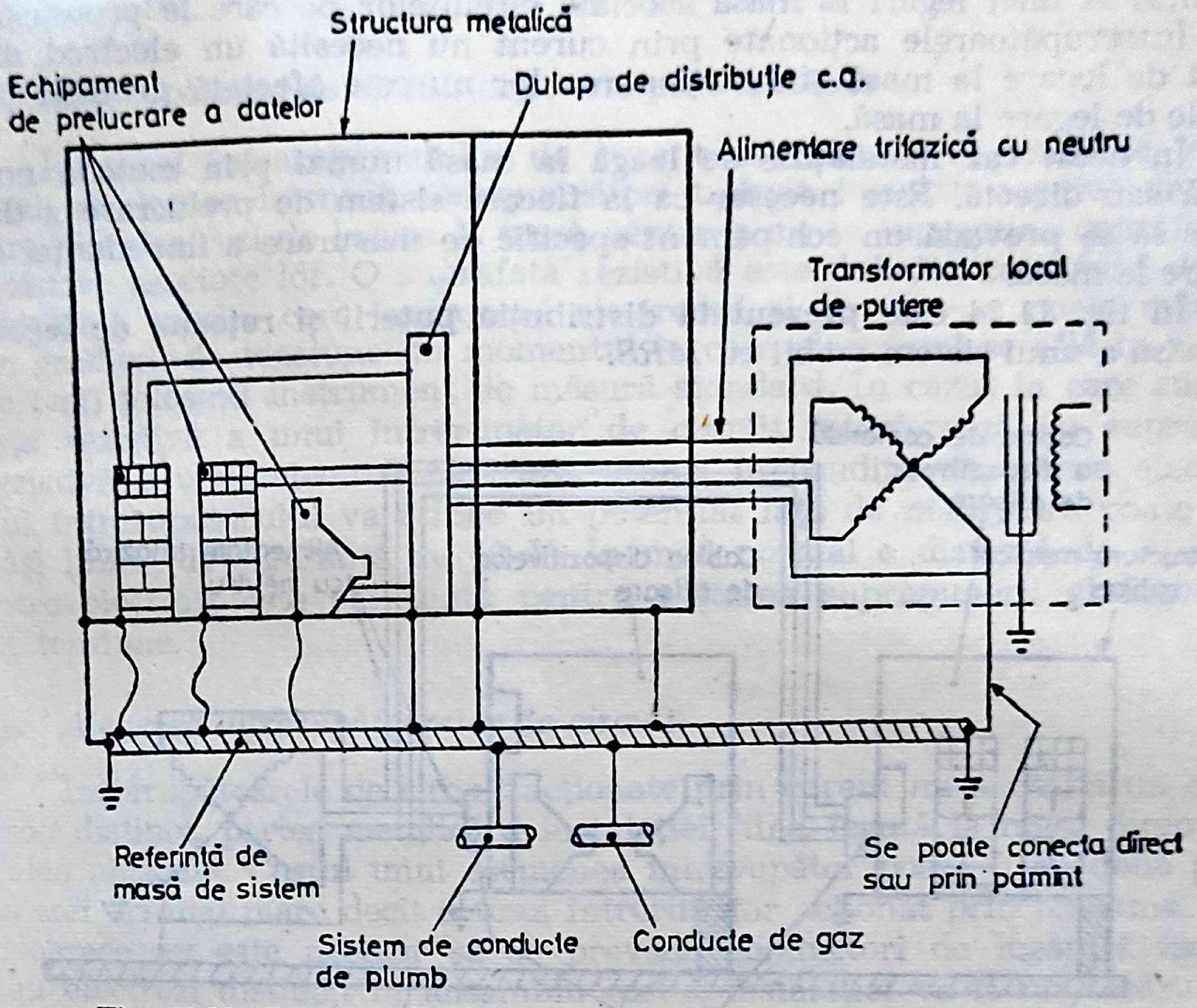

Structura metalică
Echipament de prelucrare a datelor
Dulap de distribuţie c.a.
Alimentare trifazică cu neutru
Transformator local de putere
Referinţă de masă de sistem
Se poate conecta direct sau prin pămînt
Sistem de conducte de plumb
Conducte de gaz

Fig. 11.23. Reţeaua de distribuţie a energiei şi legarea la masă a unui sistem fix.

Regulile IEE impun ca întrerupătoarele de curent de scurgere la masă să se folosească numai dacă produsul între curentul de funcţionare şi impedanţa buclei de masă nu depăşeşte 40 V, aceasta fiind valoare maximă a tensiunii care se permite să apară pe orice parte metalică tangibilă. Peste această valoare, întrerupătorul trebuie să funcţioneze deconectînd sursa.

Limitele de curent (alternativ) specificate pentru securitatea personalului arată că un curent de pînă la 50 mA trecînd prin corpul operatorului nu va constitui direct un şoc fatal, deşi acţiunile reflexe pot provoca pericole secundare. Rezistenţa corpului este presupusă 1 200 Ω, valoarea fiind determinată prin experimente asupra unui număr de subiecţi. Această valoare conduce la un curent de 200 mA, dacă se presupune o tensiune de 240 V între fază și masă. Se constată că un întrerupător acționat prin curent la 25 mA, deși nu va preveni șocul va preîntîmpina ca acesta să fie fatal.

Timpul de acționare tipic pe aceste întrerupătoare este de 15—25 ms, ceea ce permite prin efect discriminatoriu ca întreruperea să se facă ca rezultat al unei legări la masă asociată circuitelor pe care le protejează.

Întrerupătoarele acționate prin curent nu necesită un electrod distinct de legare la masă și funcționarea lor nu este afectată de căile paralele de legare la masă.

În acest caz instalațiile se leagă la masă numai prin metoda normală sau directă. Este necesar ca la fiecare sistem de prelucrare a datelor să se prevadă un echipament specific de măsurare a impedanței de legare la masă.

În fig. 11.24 este prezentată distribuția puterii și rețeaua de legare la masă a unui sistem mobil cu *MRS*.

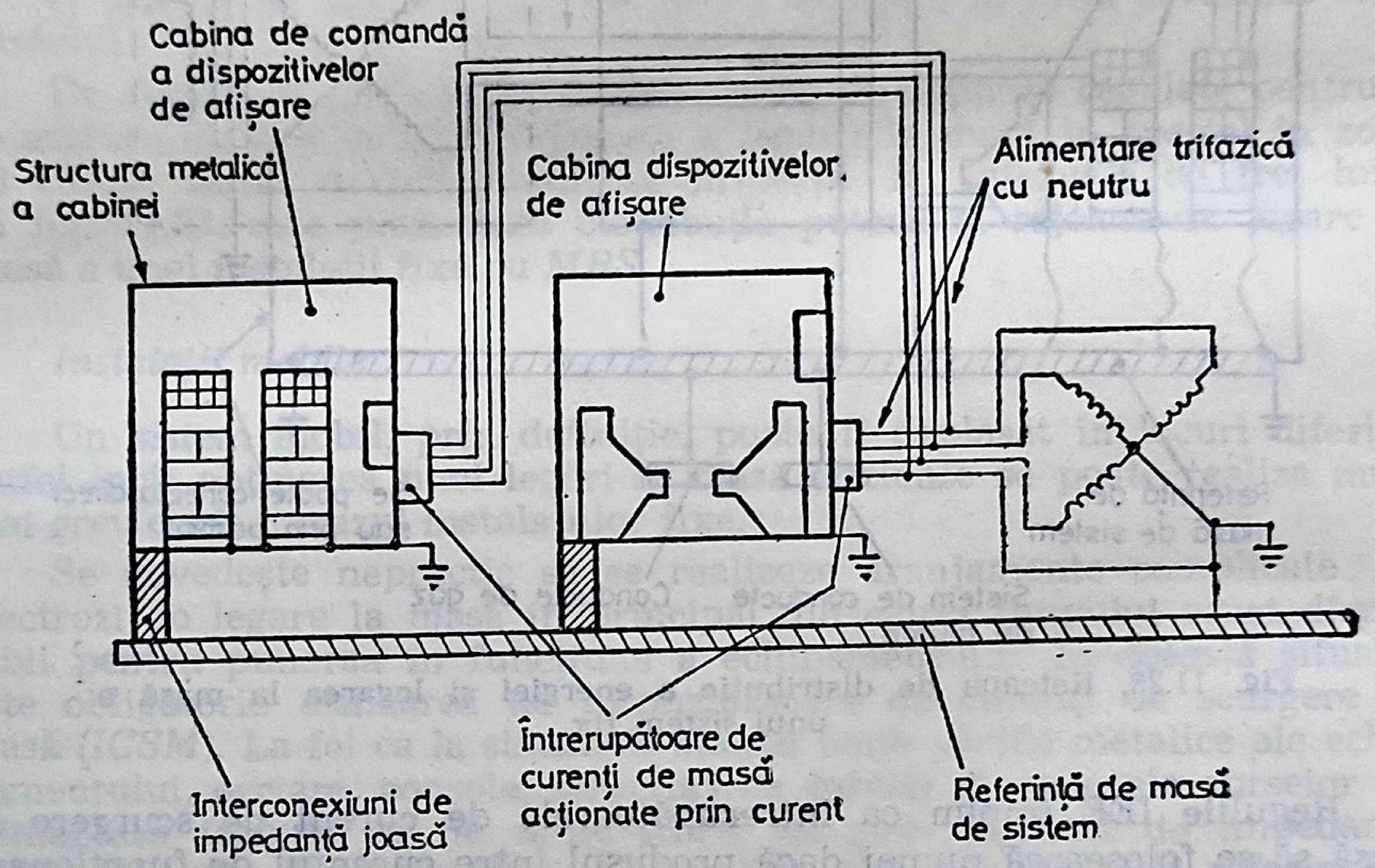

Cabina de comandă a dispozitivelor de afișare
Structura metalică a cabinei
Cabina dispozitivelor de afișare
Alimentare trifazică cu neutru
Întrerupătoare de curenți de masă acționate prin curent
Interconexiuni de impedanță joasă
Referință de masă de sistem

Fig. 11.24. Rețeaua de distribuire a energiei și legarea la masă a unui sistem mobil.

Instalarea întrerupătoarelor de circuite acționate prin curent

În vederea asigurării unui grad de protecție maxim la șocuri electrice întrerupătoarele de circuit acționate prin curent trebuie să fie instalate în cutii exterioare protejate la intemperii. Electrozii de legare la masă trebuie să fie introduși în sol și să li se atașeze conductori de legătură. Impedanța circuitului de legare la masă se va verifica cu un tester specific. Dacă se obține o impedanță a circuitului de masă suficient de mică, se poate conecta sursa de putere și testa întrerupătorul prin folosirea butonului de test prevăzut ca parte componentă a întrerupătorului. Din acest moment se poate intra în cabină în siguranță și conecta echipamentul.

Întrerupătoare de circuit acționate prin tensiune

În cazul întrerupătoarelor de curent acționate prin tensiune, electrozii de legare la masă corespunzători trebuie instalați separat de oricare alți electrozi de legare la masă pentru a nu se suprapune suprafețele rezistive asociate lor. O suprafață rezistivă este definită ca o zonă de pe suprafața solului care înconjoară electrodul și pe care se poate măsura un gradient de tensiune (în momentul în care electrodul se află în regim de test) folosind instrument de măsură standard. În cazul în care suprafața rezistivă a unui întrerupător de circuit interferează cu suprafața rezistivă a unui electrod oarecare, atunci în condiții de eroare electrodul întrerupătorului va atinge un potențial față de masă care poate depăși limita de siguranță de 40 V. În mod normal o distanță de 3—4 m între electrozi este suficientă pentru evitarea suprapunerii gradienților de tensiune.

Alegerea întrerupătoarelor de circuit

Întrerupătoarele de circuit acționate prin curent nu necesită un electrod distinct, partea metalică a instalației fiind legată la masă direct pe calea normală. Costul unui asemenea întrerupător poate fi de două pînă la trei ori mai mare decît a unui întrerupător acționat prin tensiune, dar deoarece nu este necesar să se prevadă conductori de legătură izolați sau electrozi distincți în ansamblu costul instalației va fi mai scăzut în acest caz.

Cablarea sistemului

Instalații fixe

O masă de referință de sistem (*MRS*) poate fi utilizată după cum s-a mai arătat pentru a forma sistemul de suport al cablurilor. În acesta nu trebuie incluse și cablurile de alimentare cu tensiune alternativă ale rețelei principale a clădirii, deoarece orice curent de comutare va induce tensiuni tranzitorii în sistemul de suport al cablurilor. În situațiile în care există cabluri de radiofrecvență pe o anumită cale, ele trebuie pozate în suporturi de cablu din bandă metalică lată, pentru a putea lega la masă ecranul la anumite intervale pe calea respectivă, reducînd astfel curenţii din banda de masă. Cablurile de semnal pot fi de trei categorii: a) cabluri bifilare sau bifilare simetrice; b) cabluri coaxiale şi c) cabluri de circuit de relee.

Susceptibilitatea la interferenţă a unui cablu de semnal a cărui tresă este legată la masă la un singur capăt este scăzută pentru frecvenţe joase în proporţie de 6 dB/octavă pentru primul sfert de lungime de undă şi se modifică foarte mult în continuare (fig. 11—25).

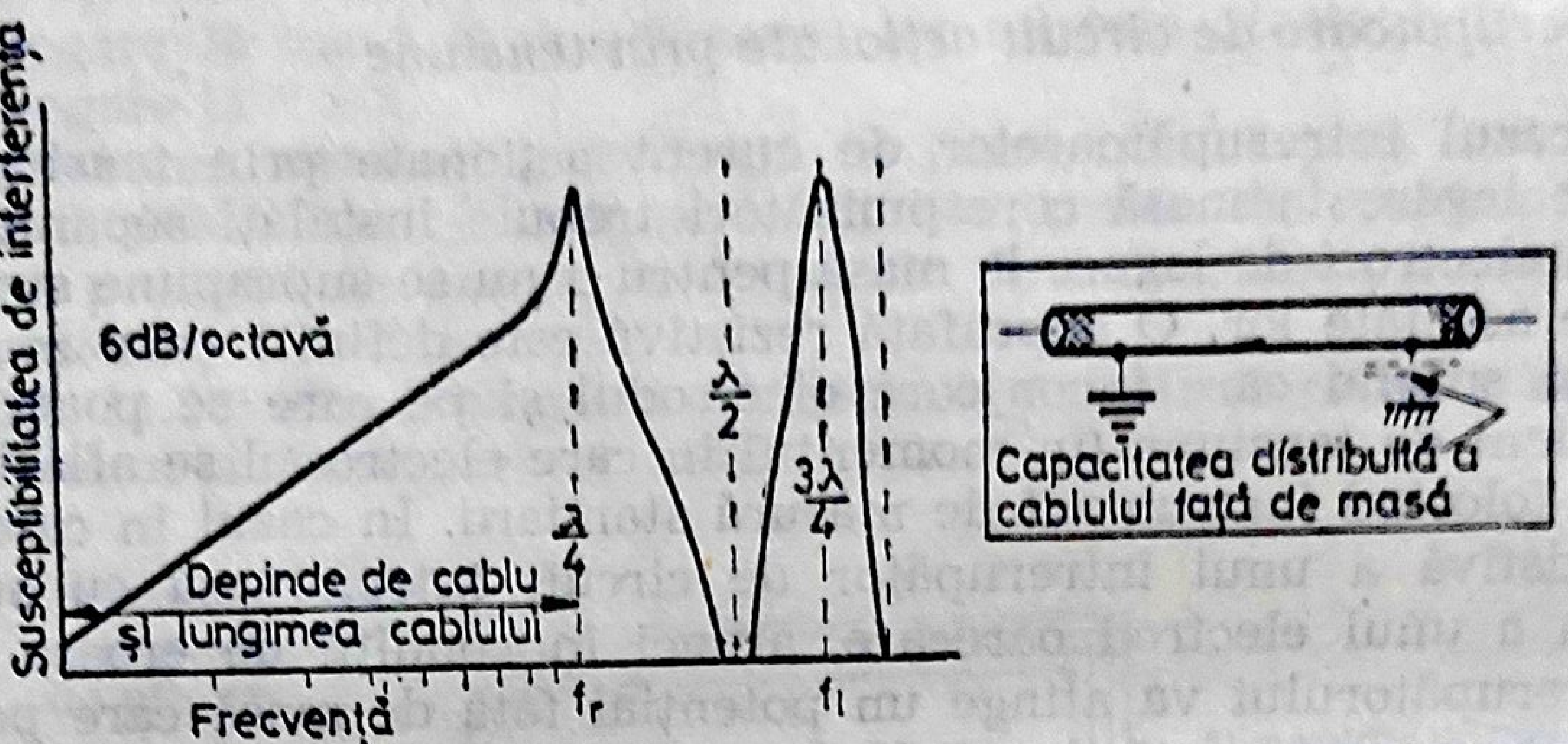


Fig. 11.25. Practica de cablare a sistemului — instalaţii fixe.

Dacă tresa este legată la masă la ambele capete ecranarea este mai puţin eficientă la frecvenţe scăzute dar susceptibilitatea la interferenţă descreşte cu 6dB/octavă odată cu creşterea frecvenţei cît timp cablul nu este mai lung decît un sfert de lungime de undă şi se modifică în continuare foarte mult, ca mai sus (fig. 11.26).

În general cu cît cablul este mai lung cu atît este mai joasă frecvenţa la care încep să apară fenomene de rezonanţă. Avantajele sisteme-

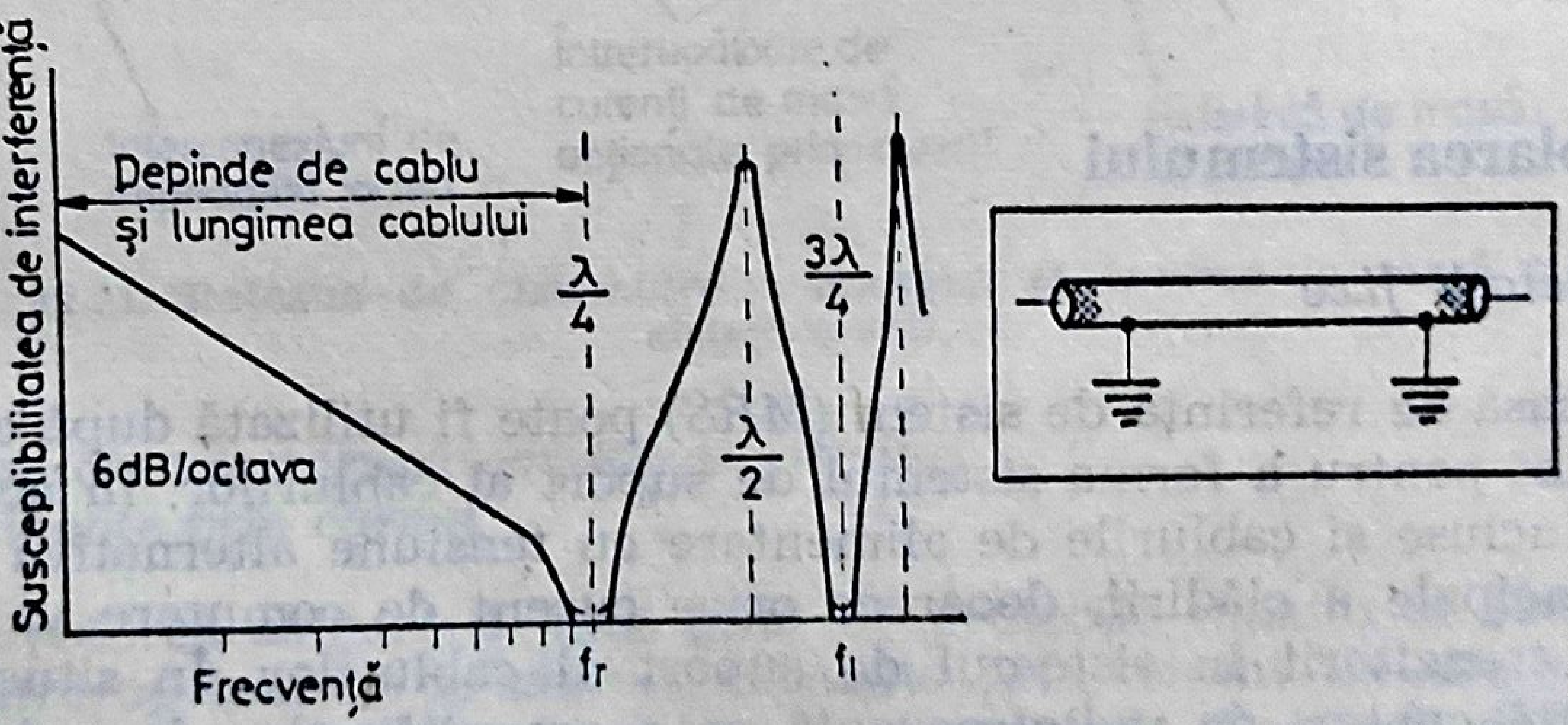


Fig. 11.26. Practica de cablare a sistemului — instalaţii fixe.

lor cu legare la masă singulară și dublă pot fi combinate considerînd sistemul ecran-masă ca o linie de transmisie și echilibrîndu-l la un capăt.

Dacă se folosesc cabluri cu tresă dublă, cămașa exterioară care acționează ca mediu de ecranare, trebuie legată la masă cît mai des posibil îndeosebi atunci cînd cablul trece înăuntrul sau în afara echipamentului ecranat și în cutiile de joncțiune ale cablurilor unde cămașa exterioară trebuie legată la masă la punctul de intrare sau ieșire al cablului și nu în interiorul cutiei.

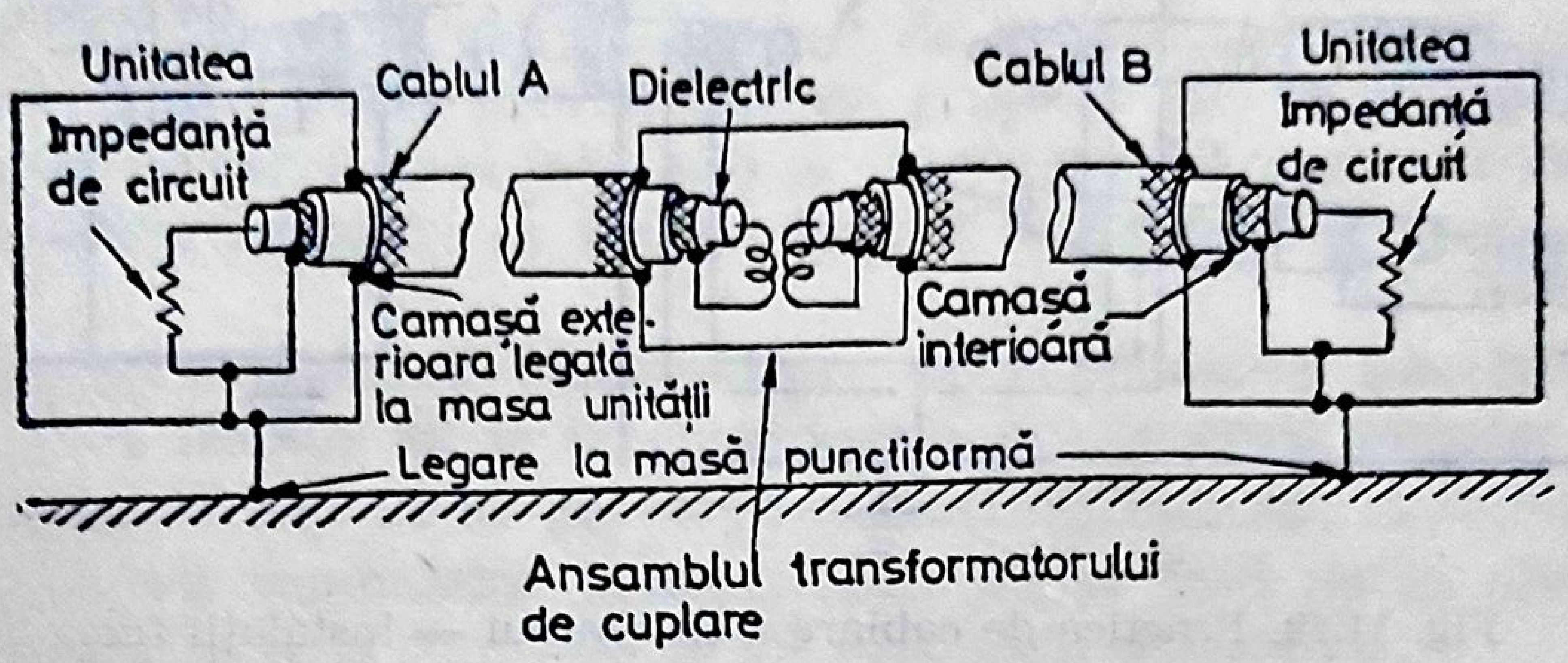

Unitatea
Impedanță de circuit
Cablul A
Dielectric
Cablul B
Unitatea
Impedanță de circuit
Camașă exterioara legată la masa unității
Camasă interioară
Legare la masă punctiformă
Ansamblul transformatorului de cuplare

Fig. 11.27. Practica de cablare a sistemului — instalații fixe.

Pentru a evita formarea de circuite (bucle) de masă, cămașa interioară a cablurilor cu tresă dublă trebuie legată la masă la un singur capăt. În fig. 11.27 și 11.28 se prezintă schematic cîteva principii conform cărora se poate prevede o cale de retur a semnalului pentru a corespunde cerințelor enunțate mai sus. Astfel în fig. 11.27 un transformator de cuplare plasat fie la intrare fie la ieșire va furniza o cale de întoarcere a semnalului fără a produce bucle de masă. În altă variantă inserarea unui transformator de cuplare într-un punct intermediar de pe parcursul cablului (fig. 11.28) este de asemenea acceptabilă. În cazul în care mai multe cabluri de semnal trebuie comutate, există două soluții posibile, ilustrate în fig. 11.29 și 11.30.

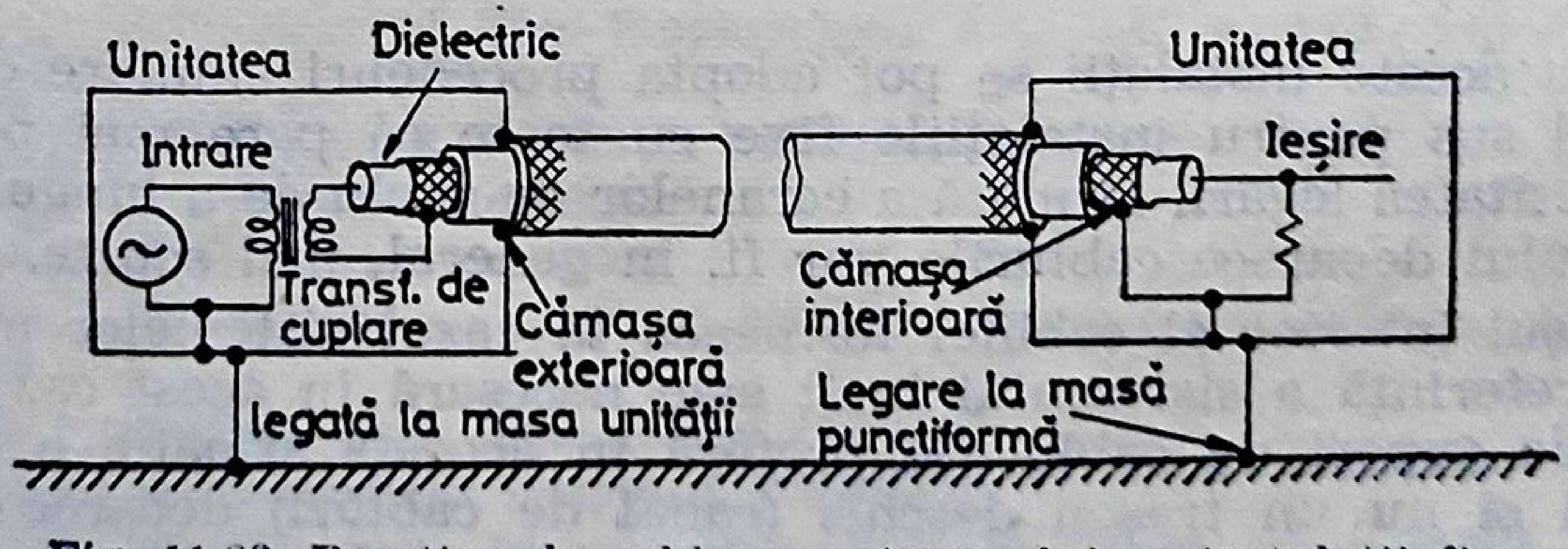

Unitatea
Dielectric
Intrare
Transf. de cuplare
Cămașa exterioară legată la masa unității
Unitatea
Ieșire
Cămașa interioară
Legare la masă punctiformă

Fig. 11.28. Practica de cablare a sistemului — instalații fixe.

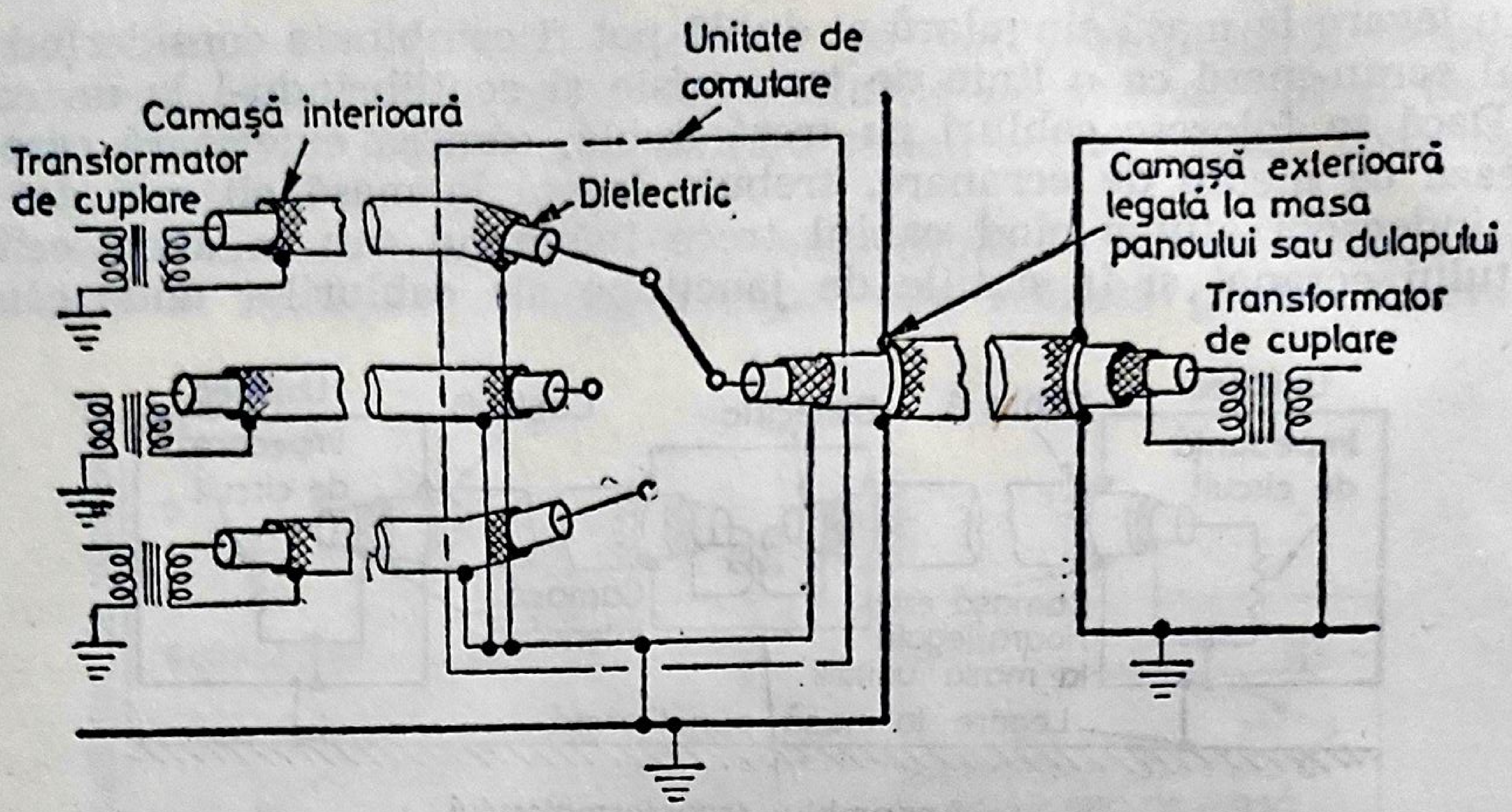

Unitate de comutare
Camașă interioară
Transformator de cuplare
Dielectric
Camașă exterioară legată la masa panoului sau dulapului
Transformator de cuplare

Fig. 11.29. Practica de cablare a sistemului — instalații fixe.

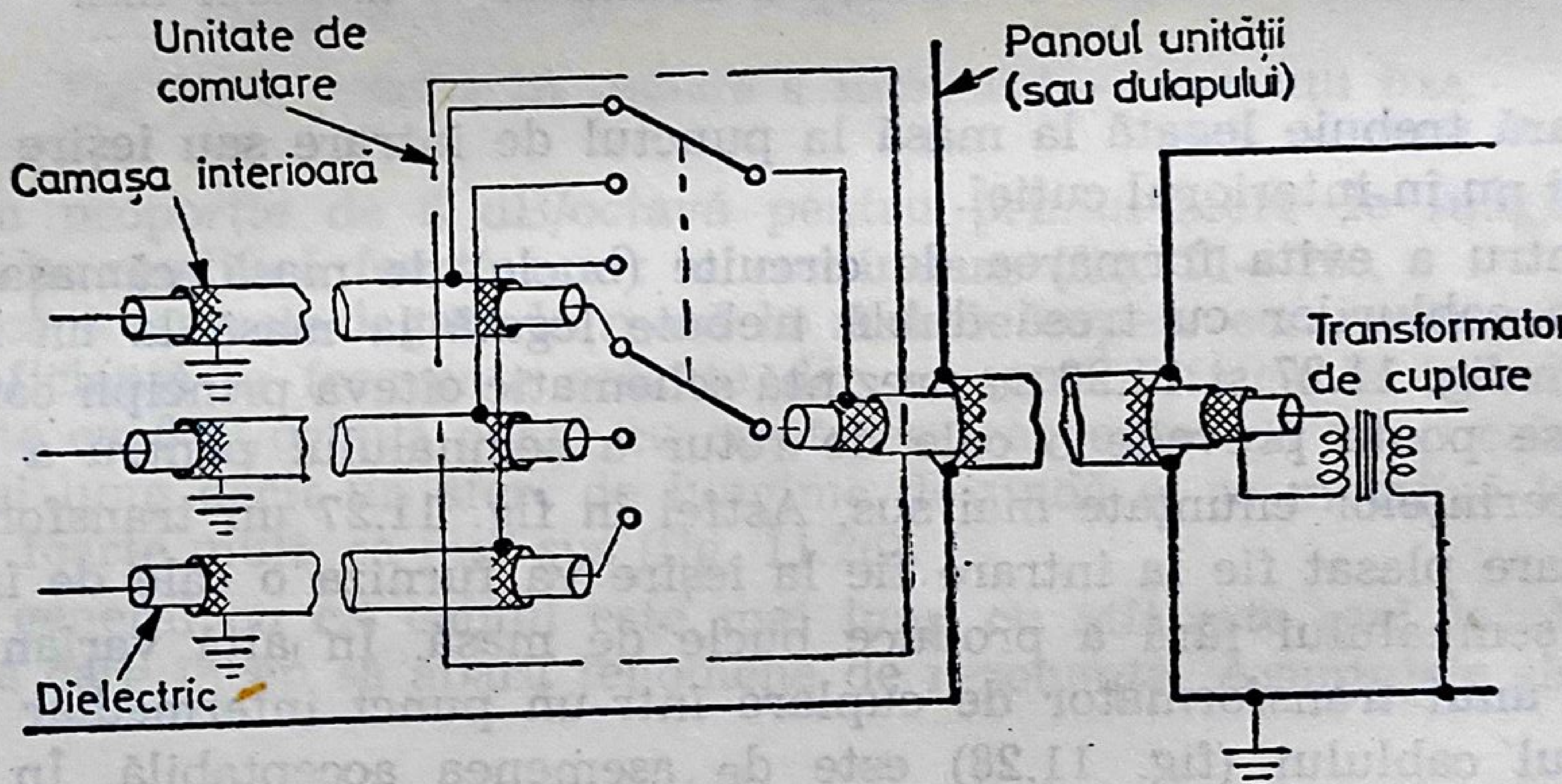

Unitate de comutare
Panoul unității (sau dulapului)
Camașa interioară
Transformator de cuplare
Dielectric

Fig. 11.30. Practica de cablare a sistemului — instalații fixe.

Instalații mobile

Pentru aceste instalații se pot adopta procedeuri similare celor discutate mai sus pentru instalațiile fixe cu toate că pare mai puțin evidentă necesitatea legării la masă a ecranelor de cablu de-a lungul parcursului cablului deoarece cablurile vor fi, în general, mai scurte.

Învelișul interior al cabinei formează în cazul sistemelor mobile de masă de referință a sistemului încît este necesară în acest caz o formă oarecare de suport de cablu. Se preferă în această situație o conductă de cabluri și nu un traseu deschis (canal de cabluri) deoarece asigură un grad de ecranare mai mare, avantajos acolo unde densitatea de echipamente şi cabluri este mare în comparaţie cu instalaţiile fixe. Cablurile de distribuţie a alimentării în curent alternativ se vor monta întotdeauna în conducte separate din oţel moale. Acestea pot include cablurile pentru iluminat, cablurile de alimentare a ansamblurilor de echipamente etc.

Există anumite forme de conducte care sînt partiţionate în interior în aşa fel încît să poată separa grupuri de cabluri incompatibile. Modul de abordare a problemei prin separarea grupelor incompatibile adoptate înainte de proiectarea unei instalaţii poate economisi în mod considerabil timp şi înlătura necazuri în timpul fazelor de testare şi recepţie a sistemului.

În rezumat, inginerii răspunzători de suprimarea interferenţei de radiofrecvenţă trebuie să ia în considerare următoarele puncte;

a) semnalele trebuie să parcurgă cabluri bifilare sau simetrice;

b) separarea semnalelor incompatibile să se facă de la nivelul circuitului imprimat şi să continue pe tot parcursul sistemului;

c) separarea tensiunii nule a sistemului de partea metalică a echipamentului trebuie să fie menţinută;

d) suprimarea arcurilor voltaice de contact trebuie să fie eficientă;

e) conexiunile surselor de alimentare în curent alternativ şi continuu, precum şi cele de masă trebuie să fie filtrate în conformitate cu limitele specificate;

f) ecranarea echipamentelor şi cabinelor împotriva radiaţiilor este esenţială;

g) o masă de referinţă de sistem în formă de suprafaţă de masă trebuie să fie instalată;

h) separarea echipamentelor prin amplasarea îngrijiră a lor în faza de proiectare este o practică necesară.

Bibliografie

1. Reference catalogue of The Zippertubing Co., UK Agency, Superflexit Ltd., Slough, Bucks.
2. Electrical Interference. R. F. Ficchi. Published by Iliffe.
3. PO Telecomms Design Guide 2005.
4. PO Telecomms Design Guide 2006.
5. Reed Contact Protection, L. T. J. Clement, Electronic Components, December 1969.
6. Meter Corporation, Clark, New Jersey, USA.
7. Knitmesh Ltd., Greenfield, Holywell, Flintshire.
8. Technical Wire Products Incorporated, Cranford, New Jersey, USA.
9. Electronic Equipment News, January 1970, 'A new concept in Interference Suppression in Cables'.

10. Belling and Lee descriptive catalogue for Mains Filters Screened Enclosures, etc.
11. Electromagnetic interference problems in the Mediator Installation ERA 69-14.
12. British Telecomms Research (BTR) Ltd., Technical Report 65/032/TR, J. F. Greenaway, J. A. Pocock.
13. Protection of Domestic and Industrial Installations Publication 1181, J. A. Crabtree Ltd., 1968.
14. ELCB's Advantages and Problems, Electrical Times, 12.12.68.
15. Earth Loop Impedance Testing, Electrical Times, 12.12.68.
16. Electric Shock, assessing the danger, Electrical Times, 12.12.68.
17. IEE Regulations for the Electrical Equipment of Buildings (Latest Copy).
18. Electromagnetic Screening Theory and Practice, M/T135 1959, J. Miedinski, ERA.
19. ASWE Laboratory Note Q-65-2. Ministry of Defence, UK.

DICŢIONAR
BILINGV DE NOŢIUNI ŞI SUBIECTE

A

Aberaţie sferică *(Spherical aberration)* 107
Acoperirea unghiului de înălţime, Radar primar *(Elevation coverage, primary radar)* 21
Acoperiri organice *(Organic coatings)* 301
Acoperiri organice din poliester *(Polyester organic coatings)* 302
Acoperiri organice din poliuretan *(Polyurethane, organic coatings)* 302
Activatori metalici *(Metallic activators)* 114
Acuitate de vernier *(Vernier acuity)* 120
Acuitate detectabilă minimă *(Acuity, minimum detectable)* 120
Acuitate minimă vizibilă *(Minimum visible acuity)* 120
Acuitate minimă perceptibilă *(Minimum perceptible acuity)* 120
Acuitate minimă detectabilă *(Minimum detectable acuity)* 120
Acuitate stereoscopică *(Acuity, stereoscopic)* 120
Acuitate vizibilă minimă *(Acuity, minimum visible)* 120
Acuitate vizuală *(Visual acuity)* 120
Adresare carteziană *(Cartesian addressing)* 75
Adresarea afişajelor mozaic *(Addressing mosaic displays)* 76
Afişaj L *(L display)* 81
Afişaje alfa-numerice captive *(Captive alpha-numeric displays)* 73
Afişaje cu bobină fixă *(Displays, fixed-coil)* 84
Afişaje cu bobină rotativă *(Displays, rotating-coil)* 81
Afişaje mozaic *(Mosaic displays)* 75
Afişaje multicolore *(Multicolour)* 98
Afişaje strălucitoare *(Bright displays)* 95
Afişare pe ecran mare *(Large panel displays)* 74
Afişare pe tub catodic *(Crt displays)* 139
Agent de nivelare *(Levelling agent)* 269
Agent de separare *(Release agent)* 171
Aliaj nifemumetal *(Nickel-iron alloy Mumetal)* 176
Amortizor de vibraţii *(Vibration damper)* 460
Amplificatoare de linie *(Line drivers)* 94
Ansamble de echipamente ecranate *(Screened equipment assemblies)* 482
Ansamble ecranate minim *(Minimum screened assemblies)* 482
Ansamble hibride
  — factori de proiectare *(Hybrid assemblies, design factors)* 327
  — încapsulare *(Packaging, hybrid assemblies)* 340
  — metode de montare şi interconectare *(Hybrid assemblies, mounting and interconnection methods)* 343
  — împachetare *(Hybrid assemblies, packaging)* 340
  — siguranţa în funcţionare *(Hybrid assemblies, reliability)* 343
Antena dipol omnidirecţională *(Dipole antena, omni-directional)* 33
Aplicaţii ale cablurilor plate *(Applications, flat conductor cables)* 246
Aplicaţii ale circuitelor flexibile *(Applications, flexible circuits)* 246
Ardere ionică a substanţei fosforescente *(Phosphor ion burn)* 109
Asdic *(Asdic)* 37
Axa bobinei deflectoare *(Deflector coil axis)* 148
Azimut relativ *(Relative bearing)* 84
Azimut radar *(Bearing, radar)* 19

B

Baldachine-cabine *(Canopies — shelters)* 440
Baleiaj
  — tip A. — Afişaj TC *(A-scan-CRT display)* 81
Baleiaj — tip B. — *(B-scan —)* 83
  — Întreţesut *(Interscan)* 89
Baleierea întreţesută a ecranului TV *(Television interlaced scanning)* 41
Banda de protecţie *(Guard band)* 51
Banda laterală *(Side band)* 46
Bila *(Rolling boll)* 92
Bit de paritate *(Parity bit)* 71
Biţi *(Bits)* 70
Bobina — rotire *(Coil rotating)* 156

— cîmp străbătut *(Coil, crossed-field)* 153
— eficienţa *(Coil efficiency)* 153
— inductanţa *(Coil, inductance)* 152
— lungimea miezului *(Coil, core length)* 153
Bobina de deflexie *(Deflexion coil)* 80
Bobine de deflexie magnetică *(Magnetic deflexion coils)* 108
Bobina de deflexie electromagnetică circulară *(Circular electromagnetic deflexion coils)* 151
Bobina rotativă-construcţie *(Rotating coil, construction)* 158
Bobina rotativă-servomecanism *(Rotating coil, servomechanism)* 157
Bobina rotativă-servosistem *(Rotating coil, servosystem)* 161
Borniere *(Termination Panels)*
Bait *(Byte)* 70

C

Cabine cu carcasă *(Framed shelters)* 428
Cabine ecranate
— construcţie generală *(Screened cabins, general construction)* 484
— izolate între învelişuri *(Screened cabins between skin-insulation)* 486
— etanşare exterioară contra intemperiilor *(Screened cabins, external weather seal)* 484
— orificii *(Screened cabins, apertures)* 485
— panouri de terminare a cablurilor *(Screened cabins, cable termination panels)* 486
— uşi de acces *(Screened cabins access doors)* 486
Cabine gonflabile *(Inflatable shelters)* 438
— sistemul inelar principal de insuflare *(Inflatable shelters, „ring-main" air system)* 439
Cabine pentru echipament electronic *(Electronic equipment shelters)* 411
Cabine, ataşarea vestibulului *(Shelters, vestibule attachment)* 458
Cabine:
— bariera termică *(Shelters, heat barrier)* 425
— caracteristicile legate de transport *(Shelters, mobility features)* 440
— cerinţe pentru învelişuri *(Shelters, skin requirements)* 435
— chepenguri de evacuare *(Shelters, escape hatches)* 458
— condiţionarea aerului *(Shelters, air conditioning)* 452
— construcţia peretelui *(Shelters, wall construction)* 425
— construcţia podelei *(Shelters, floor construction)* 428
— elemente de fixare şi montare ale uşii *(Shelters, door fasteners and fittings)* 456
— finisare prin vopsire *(Shelters, paint finishes)* 464
— finisările interioare şi iluminare *(Shelters, interior finishes and lighting)* 455
— garniturile uşii şi ale deschiderilor *(Shelters, door and aperture seals)* 457
— izolaţie termică *(Shelters, thermal insulating)* 424
— încălzire prin radiaţii solare *(Shelters, solar heating)* 425
— învelişuri *(Shelters, cladding skins)* 430
— învelişuri exterioare *(Shelters, exterior skins)* 437
— învelişuri interioare *(Shelters, interior skins)* 437
— performanţe de drum de ţară *(Shelters, cross country performance)* 424
— piesele de fixare ale echipamentelor *(Shelters, equipment fixings)* 430
— sarcina datorată vîntului *(Shelters, wind load)* 423
— stocare *(Shelters, stowage)* 463
— suporturi antişoc şi izolatori de vibraţie *(Shelters, shock mounts and vibration isolators)* 460
— tubulatura *(Shelters, ducting)* 454
— uşi *(Shelters, doors)* 456
— materiale pentru carcasă *(Shelters, frame materials)* 428
Cablaj de la pin la pin *(Point to point wiring.)* 209
Cablarea sistemului, instalaţii mobile *(System cabling, mobile installations)* 512
Cablu panglică
— aplicaţie *(Ribbon cables — application)* 243
— mod conectare *(Termination, ribbon cable)* 258
Cablu plat flexibil *(Flexible flat conductor cable)* 238
Cabluri coaxiale *(Coaxial cables)* 53
Cabluri plate *(Flat conductor cables)* 242
Calibrarea domeniului la tub catodic *(Crt range calibration)* 81
Candela, unitate de măsură pentru lumina *(Candela, unit of light)* 136
Capacitatea, soluţia de corodare *(Capacity, etching solution)*
Capcana ionică a tubului catodic *(Ion trap. CRT's)* 118
Capsarea *(Clip system)* 216
Capsule de circuite integrate pe siliciu *(SIC packages)* 307

Capsule de circuite integrate standard pe plăci imprimate *(Standard SIC packages on printed wiring boards)* 344
Capsule plate-circuite integrate *(Flat packs-integrated circuits)* 307
Caracterele de pe afişaj, mărimea formatului *(Aspect ratio of display characters)* 133
Caracteristica liniei telefonice *(Telephone line characteristics)* 44
Caracteristicile de filtrare *(Filter characteristics)* 51
Caracteristicile substanţelor fosforescente *(Phosphor characteristics)* 114
Caracteristicile termice ale semiconductorilor *(Semiconductor thermal characteristics)* 392
Celula T-R (transmisie-recepţie) *(The TR cell)* 24
Celule de fotoemisie *(Photoemissive cells)* 42
Cerc de confuzie minimă *(Circle of least confusion)* 107
Cerinţele de testare la mediu-cabine *(Environmental test requirements-shelters)* 421
Cerneluri rezistive *(Resistive inks)* 291
Cerneluri rezistive — metoda serigrafică *(Resistive inks — screenprinting method)* 291
Chip, disipaţie de putere *(Chip, power dissipation)* 351
Circuite corodate, plachete cu circuite imprimate *(Etched circuits, PCB.s)* 240
Circuite flexibile, aplicaţii *(Flexible circuits, applications)*
Circuite imprimate flexibile *(Flexible printed circuits)* 239
Circuite imprimate flexibile, materiale izolatoare folosite ca bază *(Flexible printed circuits, base insulating materials)* 240
Circuite integrate:
- pe peliculă *(Film, integrated circuits)* 310
- pe siliciu bipolare *(Silicon integrated circuits, bipolar)* 306
- pe siliciu-oxid metalic — mos *(Silicon integrated circuits, metal oxide)* 306

Circuite pe pelicule groase *(Thick film circuits)* 313
Circuite pe pelicule subţiri *(Thin film circuits)* 311
Cod binar *(Binary code)* 70
Cod secret-garble-srs-sistem radar secundar *(Code garble-SSR)* 30
Codare *(Coding)* 133
Codificator axial *(Shaft encoder)* 23
Codificator optic axial *(Optical shaft encoder)* 23
Coeficient de conducţie termică *(Coefficient, thermal conductivity)* 426
Coeficient de transmitanţă termică *(Coefficient, thermal transmittance)* 426
Comanda strălucirii *(Bright-up control)* 128
Comparaţia dintre ventilatoarele centrifugale şi axiale *(Comparison of centrifugal and axial flow fans)* 400
Componente discrete, fixare *(Discrete components, attachment)* 338
Componente incapsulate — precizie dimensională *(Encapsulated components, dimensional accuracy)* 170
Componentele bobinei, incapsulare *(Coil components encapsulation)* 170
Comportare termică:
- fixarea chip-ului *(Thermal management, chip attachment)* 352
- surse de căldură *(Thermal management, heat sources)* 352
- capsule de circuite integrate pe Si *(Thermal management, SIC packages)* 352
- lichide dielectrice de răcire *Thermal management, dielectric liquids coolants)* 354
- răcirea modulului hibrid *(Thermal management, hybrid module cooling)* 354

Comutatoare cu miezuri de ferite *(Ferrite core switches)* 195
Condensatori pe pelicule subţiri *(Thin capacitors)* 311
Condiţiile de risc ale transportului aerian, terestru, pe cale ferată şi marin *(Transportation hazards — air, road, rail and sea)* 421
Conductori flexibili, diafonie *(Flexible conductors, cross talk)* 258
Conectarea cablului, panglica *(Ribbon cable termination)* 258
Conectarea cablului plat *(Cable termination, flat conductor)* 251
Conectarea circuitelor flexibile *(Cable termination, flexible circuits)* 251
Conector de forţa zero *(Zero-force connector)* 262
Conector mixt *(Hermaphrodite connector)* 262
Conectori, placă cu circuit imprimat *(Connectors, printed circuit board)* 224
Conectori de cablu *(Cable connectors)* 226
Conectori rezistenţi la intemperii *(Weather proof connectors)* 233
Conectori, tensionarea contactelor *(Preload-connectors)* 264
Conexiune semiautomată cu fir înfăşurat *(Semiautomatic wire wrap)* 214
Conexiune sudată *(Connection, welded)* 221

Conexiuni cu fir înfăşurat *(Wrap tied connections)* 210
Conexiuni sudate *(Welded connections)* *221*
Conexiuni termopunct AMP (AMP *termipoint connections)* 217
Configuraţie „Dual-in-line" *(Dual-in-line configuration)* 309
Consola dispozitivului de trasare *(Plot console)* 144
Consola, panou tactic *(Console, tactical plot)* 144
Consola pentru aplicaţii navale *(Naval console)* 387
Console tipice de operator *(Typical operator consoles)* 386
Construcţie-bobina rotativă *(Construction, rotating coil)* 158
Consum de putere, bobine de deflexie *(Power consumption deflection coils)* 153
Contacte de tip înfăşurat *(Connections, wrap-type)* 209
Contacte placate *(Plated contacts)* 232
Contacte placate — difuzia argintului *(Plated contacts, silver migration)* 233
— difuzie *(Plated contacts, diffusion)* 232
— porozitate *(Plated contacts, porosity)* 233
Contacte sertizate amovibile *(Replaceable crimped contacts)* 226
Contrast *(Contrast)* 120
Controlul sensibilităţii funcţie de timp-cst *sensitivity time control-STC)* 25
Conversia baleiajului *(Scan conversion)* 95
Convertizor numeric analog *(Digital to analogue converter — DIAN)* 129
Construcţii din panouri-sandviş: *(Sandwich construction*: 426
— materialul miezului *(Core material)* 426
— lemn de balsa storţ *(End grain balsa)* 427
— fagure de hîrtie *(Paper honeycomb)* 427
— spumă poliuretanică *(Polyurethane foam)* 427
— spumă rigidă din PVC *(Rigid PVC foam)* 427
Crearea de nuclee „însămînţare" *(Nucleation)* 277
Cristale organice lichide *(Liquid organic crystals)* 74
Criteriu de lovire *(Hit criterion)* 64
Cuantificare *(Quantization)* 68
Culoarea emisiei *(Emission colour)* 115
Cunoaşterea rezultatelor *(Knowledge of results — KR)* 122
Curentul fasciculului, lăţimea liniei şi strălucirea *(Beam current, linewidth and brightness)* 110
Curentul minim de producere a arcului *(Minimum arcing current)* 476
Cuvinte numerice digitale *(Digital words)* 70
Cuvinte numerice paralele *(Parallel digital words)* 57
Cuvînt ţintă *(Target word)* 66

D

Deflexie electromagnetică *(Electromagnetic deflexion)* 80
Deflexie electrostatică *(Electrostatic deflexion)* 80
Deflexie şi focalizare electrostatică *(Electrostatic focusing and deflexion)* 106
Demodulare *(Demodulation)* 45
Deplasări de imagini *(Picture shifts)* 89
Depunere casantă — plăci cu circuite imprimate *(Stressed deposits PCB's)* 269
Depunere electrolitică de cupru *(Electroplating of copper)* 268
Depunere:
— electrolitică de metal *(Electroplating)* 298
— electrolitică a metalelor distincte de mascare *(Electroplating of dissimilar metals)* 274
— neelectrolitică sau prin imersiune *(Electroless or immersion plating)* 299
— neelectrolitică de cupru *(Electroless copper deposition)* 278
Descărcare în plasmă *(Plasma discharge)* 77
Detectarea punctului ţintă *(Plot detection)* 63
Detecţia cu referinţă fixă *(Fixed reference detection)* 50
Detecţia loviturii *(Hit detection)* 62
Detecţia semnalului modulat în frecvenţă *(Frequency modulation detection)* 48
Detecţia de anvelopa — de înfăşurare *(Envelope detection)* 48
Detecţie:
— diferenţiala *(Differential detection)* 50
— homodina *(Homodyne detection)* 47
— sincronă *(Synchronous detection)* 47
Deviaţie de frecvenţă *(Frequency deviation)* 49
Diafonia în cablu plat *(Flat conductor cable, cross-talk)*
Diafonie *(Cross talk)* 51
Diagrama circuitului de bază al dispozitivului cu bilă *(Rolling ball schematic circuit diagram)* 205
Diagrama polară *(Polar diagram)* 21
Difuzia argintului *(Silver migration)* 233
Dimensiunea caracterelor *(Character size)* 132

Dimensiunea contactului *(Contact size)* 263
Diode cu emisie de lumină *(Light emitting diodes)* 74
Diplexor *(Diplexor)* 34
Disc optic *(Optical disk)* 23
Discriminare vizuală *(Human discrimination)* 120
Discriminator *(Discriminator)* 49
Dispozitiv de afişare cu bobine rotative, neliniaritate *(Rotating-coil display, nonlinearity)* 164
Dispozitiv cu bila, ieşire *(Rolling ball unit, output)* 201
Dispozitiv cu bila, proiectare electromecanică *(Rolling ball unit, electromechanical design)* 204
Dispozitiv de afişare pentru conferinţe *(Conference displays)* 99
Dispozitiv de determinare a poziţiei cu bila *(Rolling ball, position designation device)* 201
Dispozitiv de intrare a calculatorului, tastaturi *(Computer input, keyboards)* 186
Dispozitive cuplate capacitiv *(Capacitative coupling devices)* 196
Dispozitive de afişare cu bobina fixă *(Fixed coil displays)* 84
Dispozitive de intrare cu fire sensibile la atingere *(Touch-wire input devices)* 199
Dispozitive de retenţie cabluri *(Retaining devices-cables)* 234
Dispozitive de sertizare *(Crimping tools)* 227
Dispozitive de susţinere a cablurilor şi firelor *(Cable and wire supports)* 260
Dispozitive optice *(Beam lead devices)* 330
Dispozitive pentru conexiuni termopunct *(Termi-point tooling)* 216
Distanţa dintre contacte *(Contact spacing)* 263
Distanţa radar *(Radar range)* 19
Distorsiune de frecvenţă *(Frequency distorsion)* 44
Dublarea spotului, tehnica de măsurare *(Line pairing, measurement technique)* 168
Dulapuri ecranate, practica de proiectare în aplicaţii navale *(Screened cabinets, naval design practice)* 492

E

Echipament de transport containerizat *(Transit case equipment)* 365
Echipament transportabil *(Transportable equipment)* 365
Echipamentul de acţionare a afişajului *(Display drive equipment)* 128
Ecouri parazite, radar *(Clutter, radar)* 25
Ecran cu fibre optice *(Faceplate fibre-optics)* 112
Ecran metalizat cu aluminiu al tubului catodic *(Aluminized screen, CRT.)* 111
Ecran subţire contra imploziei *(Thin implosion screen)* 180
Ecrane cu mu-metal, tuburi catodice *(Mu-metal screening, CRT's)* 176
Ecrane magnetice *(Screening, magnetic)*
Ecranarea completă a carcaselor de echipamente *(Comprehensive screening of equipment housing)* 489
Ecranarea dulapurilor *(Screening of cabinets)* 491
Ecranarea magnetică *(Magnetic screening)* 176
Ecrane electrostatice cu conductivitate ridicată *(High conductivity electrostatic screens)* 491
Ecranele tubului catodic, tensiunea membranei *(CRT screens, membrane stress)* 183
Efect de şurub ruginit *(Rusty bolt effect)* 496
Efect doppler *(Doppler effect)* 26
Efectul de ecranare a cuprului *(Screening effect of copper)* 491
Eficienţa în frecvenţă a sistemului *(Frequency efficiency of a system)* 52
Eficienţa legăturii *(Link efficiency)* 60
Eidofor *(Eidophor)* 100
Electroluminiscenţa panourilor *(Panels electroluminescent)* 74
Electrozi de legare în masă *(Earthing electrodes)* 505
Etanşare ermetică *(Hermetic seal)* 263
Etanşarea conexiunii *(Interfacial seal)* 263
Extractor de punct ţintă al radarului primar *(Primary radar plot extractor)* 65
Extragerea punctului ţintă *(Plot extraction)* 59

F

Factor de protecţie *(Shielding factor)* 177
Fereastra de protecţie, tub catodic *(Protective window, CRT.)* 181
Fereastră deplasabilă — extragerea punctului ţintă *(Sliding window — plot extraction)* 64
Filtre aer-cabine *(Air filters-shelters)* 454
Filtre:
  — de linie *(Line filters)* 477
  — polarizate *(Polarized filters)* 125
  — curba de răspuns *(Filters, response curve)* 478
  — curenţii de scurgere *(Filters, leakage currents)* 479
Filtru cu micro reţea tip fagure *(Micromesh honeycomb filter)* 113
Filtru de absorbţie *(Absorption filter)* 128

Finisare cu aur, migrare *(Gold finishes, migration)* 299
Finisare de protecție cu aliaj de lipire la cald *(Hot solder protective finishes)* 300
Finisare prin depunere electrolitică *(Electroplated finishes)* 298
Finisare prin depunere electrolitică, staniu nichel *(Electroplated finishes, tin nickel)* 299
Finisarea contactelor *(Contact finishes)* 232
Finisarea cu aur, conectoare *(Gold finishes, connectors)* 299
Finisări organice *(Organic finishes)* 301
Finisări prin depuneri electrolitice — staniu-plumb *(Electroplated finishes, tin lead)* 299
Finisări prin depunere electrolitică, staniu *Electroplated finishes, tin)* 299
Fixarea cablurilor cu cleme *(Cable clamping)* 263
Fixarea elementelor discrete *(Attachment of discrete components)* 338
Fluorescența *(Fluorescence)* 115
Fluorocarburi *(Fluorocarbons)* 355
Flux luminos *(Luminous flux)* 136
Focalizare și deflexie magnetică *(Magnetic focusing and deflexion)* 106
Formare goluri de aer *(Voids formation)* 171
Forma serială *(Serial form)* 57
Forme de unde sincronizare *(Timing waveforms)* 89
Forme de undă de comandă *(Waveforms)* 81
Formele de undă pentru sincronizare, baleiere și iluminare. *(Waveforms, timing, scan and bright up)* 90
Forța de angajare și separare a contactelor *(Contact engaging and separating force)* 263
  — contact *(Contact force)* 263
  — inserție *(Insertion force)* 263
  — separare *(Withdrawal force)* 263
Fosforescența *(Phosphorescence)* 115
Fotoconductibilitate *(Photoconductivity)*
Frecvența de împrospătare *(Refresh rate)* 118
Frecvența de linie *(Line frequency)* 40
Frecvență doppler *(Doppler frequency)* 38
Frecvența imaginii *(Picture frequency)* 40
Fruct *(Fruit)* 30

G

Găuri tehnologice ale plăcilor cu circuite imprimate *(Tooling holes, PCB's)* 284
Găurire-burghiere, mașini cu capete multiple *(Drilling, multihead machines)* 286
  — mărimea vitezei și avansului *(Drilling, speed and feed rate)* 288
  — parametrii de proiectare ai burghiului *(Drilling, drill design parameters)* 288
  — dispozitive *(Drilling, drill jigs)* 288
  — găuri metalizate străpunse *(Drilling, through-plated-holes)* 286
  — în pachet *(Stack drilling)* 287
  — plachete circuite imprimate *(Drilling, printed circuits boards)* 286
Generarea caracterelor *(Character generation)* 131
Generarea caracterelor sau simbolurilor *(Symbol or character generation)* 128
Generarea simbolurilor *(Symbol generation)* 91
Ghidarea semnalului *(Signal driving)* 473
Greutate, panou-sandviș *(Weight, sandwich panel)*
Greutatea tubului cu raze catodic *(Weight of CRT's)* 144

H

Hidrofon *(Hydrophone)* 37
Honuire în apă *(Vapour honing)* 276

I

Ieșire, dispozitiv cu bila *(Output, rolling ball unit)*
Iluminare *(Illumination)* 136
Iluminarea camerei radar *(Radar-room lighting)* 128
Iluminatul ambiant *(Ambient lighting)* 124
Imaginea orticon *(Orthicon image)* 39
Impedanța caracteristică *(Characteristic impedance)*
Impedanța circuitului de masă *(Earth loop impedance)* 505
Impedanța de cuplaj *(Coupling impedance)* 473
Impedanța efectivă față de pămînt *(Effective impedance to earth)* 506
Implozie, tub catodic *(Implosion, CRT)* 179
Impulsuri de cod-SRS-sistem radar secundar *(Code pulses-SRS)* 28
Impulsuri video *(Video pulses)* 25
Identificare prieten sau dușman — IPD *(Identification, friend or foe — IFF)* 27
Identificarea cablurilor și firelor de interconectare *(Interconnecting cable and wiring identification)* 259
Index de modulație *(Modulation index)* 48
Indicatori de segmente *(Segment indicators)* 74

Inductanța mutuală datorată spirelor inter-axe al bobinei *(Coil windings, inter-axes mutual inductance)* 167
Influența factorului de impedanță al pămîntului *(Earth impedance factors affecting)* 506
Instalarea întrerupătoarelor de circuit acționate prin curent *(Installation of current operated ELCB)* 508
Instalație statică *(Static installation)* 366
Instalații fixe-cablarea sistemului *(Fixed installation, system cabling)* 509
Integrare pe scară largă *(Large scale integration)* 356
Integrator *(Integrator)* 89
Intensitate luminoasă *(Luminons intesity)* 136
Intensitatea în candele *(Candle power)* 136
Interconectare, dispozitive pentru producția automată *(Interconnection, automatic production tools)* 218
Interconectare, dispozitive pentru producție semiautomată *(Interconnection, semiautomatic production tools)* 214
Interconectare, nivel 2 *(Second level interconnection)* 263
Interconectări cu fir conductor *(Interconnections, discrete wire)* 209
Interconexiuni, metalizarea-placarea găurilor străpunse *(Interconnections, through-hole plated)* 275
Interconexiuni prin găuri metalizate placate *(Through-hole plated interconnections)* 275
Interferența de radio frecvență condusă *(Conducted RFI)* 470
Interferența de radio frecvență *(Radio frequency interference)* 469
Interferența radiată *(Radiated interference)* 479
Interval de repetiție a impulsurilor radar *(Pulse repetition interval, radar)* 20
Interval, repetiția impulsurilor *(Interval, pulse repetition)* 20
Introducerea datelor, subsisteme *(Data entry-subsystems)* 185
Izolatori de vibrație, suport al echipamentului *(Vibration isolators-equipment support)* 460
Izolație termică-cabine *(Thermal insulation, shelters)* 424
Îmbinare sertizată *(Crimped joint)* 204
Îmbinări lipite *(Joint, soldered)* 204
Îmbinări sudate *(Joint, welded)* 204
Împămîntare de protecție *(Protective earthing)* 504
Îmbinări înfășurate *(Joint, wire-wrapped)* 204
Încapsulare, material magnetic al miezului *(Encapsulation, magnetic core material)* 150
— parametrii înfășurărilor *(Encapsulation, winding parameters)* 150
Încapsulări, progrese recente *(New developments, packagings)* 357
Încălzire prin radiații solare, cabine *(Solar heating-shelters)* 425
Încărcarea vehiculelor, cabine *(Vehicle loading, shelters)* 442
Încărcător de transfer, încărcarea aeronavelor *(Transfer loader, aircraft loading)* 442
Încărcarea aeronavelor, asigurarea elementelor de fixare la podea *(Aircraft loading, tie-down provisions)* 444
— factorii determinînd fixarea, datorați accelerațiilor *(Aircraft loading, restraint factors, due to acceleration)* 443
— șină de ghidare *(Aircraft loading, side, guidance system)* 444
— cabine *(Aircraft loading, shelters)* 442
— fixarea pe timpul transportului aerian *(Aircraft loading, restraint during air transportation)* 442
Îndoirea cablurilor flexibile *(Folding of flexible conductors)* 250
Înfășurări ortogonale de deflexie *(Orthogonal deflexion windings)* 109
Înregistrarea traiectoriei *(Track history)* 66
Întăriturile panoului, construcția cabinei *(Panel reinforcement, shelter construction)* 438
Întrerupătoare cu contact mecanic necodificate *(Mechanical contact switches, uncoded)* 191
Întrerupătoare cu contact mecanic codificate *(Mechanical contact switches, Self-coded)* 191
Întrerupătoare de circuit acționate prin tensiune *(Voltage operated ELCB's)* 509
Întrerupător mecanic necodificat *(Uncoded mechanical switch)* 191
Întrerupătorul de curenți de scurgere la masă *(Earth leakage circuit breaker)* 504
Întrerupătoare de curent de scurgere la masă acționate prin curent *(current operated earth leakage current breakers)* 505

J

Jgheaburi de cablu *(Cable trays)* 497
Juguri de deflexie *(Deflexion jokes)* 109

L

Lacuri siliconice, acoperiri organice *(Silicone varnishes, organic coating)* 302

O

Oboseala sticlei (*Glass fatigue*) 179
Oboseala substanței fosforescente (*Phosphor fatigue*) 117
Orientarea conectorilor (*Polarization of connectors*) 228
Oscilatoare cu cristal de cuarț (*Crystal controlled oscilators*) 58
Oscilațiile contactului (*Switch bounce*) 188

P

Palete pentru transport, criterii de proiectare (*Pallets, design criteria*) 450
Palete transportoare pentru lansarea aeriană (*Airdrop pallets*) 449
Palete transportoare pentru mărfuri (*Freight pallets*) 450
Panouri electroluminiscente (*Electroluminescent panels*) 74
Panouri sandviș (*Sandwich panels*) 431
Penetron (*Penetron*) 98
Pelicula subțire, definiție, clasificare (*Thin film, definition*) 311
Pistrui, plachete cu circuite imprimate (*Measling PCB's*) 274
Pîlpîirea tubului catodic (*Flicker-CRT's*) 94
Placarea, metalizarea întregii plăci (*Panel plating*) 277
Placarea cu aur, conectoare (*Gold plating, connectors*) 300
  — difuzie (*Gold plating, diffussion*)
Placarea desenului (*Pattern plating*) 274
Placarea — metalizarea contactelor electrice (*Plating for electrical contacts*) 300
Placa monofață — plăci cu circuite imprimate (*Single-sided boards, PCB's*) 267
Plachete multistrat (*Multilayer boards*) 268
Plachete multistrat — metoda găurilor deschise, străpunse (*Multilayer boards, clearance hole method*) 280
  — metoda structurală (*Multilayer boards, build-up method*) 280
  — metoda găurilor metalizate, plachete străpunse (*Multilayer boards, plated-through-hole method*) 280
Plăci cu circuite imprimate (*Printed circuits boards*) 267
Plăci cu circuite imprimate — finisare prin depunere electrolitică (*Printed circuits boards, electroplated finishes*) 77
  — precizia dimensională a profilului (*Accuracy of profile*) 289
  — procedeul cu corodarea foliei (*Etching, foil process*) 274
  — corodare (*Etching*) 293
  — procedee de fabricație (*Manufacturing processes*) 274
  — procedee de prelucrare mecanică și uzinare (*Mechanical processes and tooling*) 284
  — metode de conturat (*Profiling methods*) 289
Platforme de transport (*Platform carriers*) 450
Potențiometru sin-cos (*Potentiometes sin-cos*) 86
Poziționarea comenzilor la console (*Positioning of controls-console*) 382
Practica de cablare a sistemului (*System cabling practice*) 510
Prag de pîlpîire (*Flicker threshold*) 118
Prag video (*video threshold*) 62
Precizie dimensională, componente încapsulate (*Dimensional accuracy, encapsulated components*) 171
Prelucrare peliculă subțire (*Thin film processing*) 318
Prelucrare pelicule groase (*Thick film processing*) 321
  — ajustarea valorii rezistenței (*Resistor trimming*) 324
  — cerneluri de imprimare (*Printing inks*) 323
  — coacere (*Firing*) 323
  — instalație tipică (*Typical installation*) 323
  — măști de imprimare (*Thick film processing, printing screens*) 323
Prelucrare pelicule subțiri — camera cu fascicul de lumină dirijat (*Thin film processing, light beam camera*) 318
  — evaporare sub vid (*Vacuum evaporation*) 318
  — mascare cu contact (*In-contact masking*) 318
Prelucrarea semnalului video (*Video-signal processing*) 318
Primul nivel de interconectare (*First level interconection*) 263
Procedee numai pentru găuri metalizate *Process, plated hole only*) 278
Procedee numai pentru găuri și pastile terminale (*„Hole-and-terminal-pad-only" process*) 278
Procese de pelicule groase, cerneluri (*Thick film processes, inks*) 313
Procese de fabricație pe bază de siliciu — circuite integrate (*Manufacturing processes silicon IC's*) 316
Proiectare asistată de calculator, discuție generală (*Computer aided design, general discussion*) 325
Proiectare modulară (*Modular design*) 367
Proiectarea garniturilor, factor de neregularitate (*Gasket design, joint „unevenness" factor*) 493

Proprietăţi mecanice ale plăcilor cu circuite imprimate *(Mechanical properties, PCB's)* 269
— cupru placat depus *(Mechanical properties plated copper)* 269
— cupru pur *(Mechanical properties pure copper)* 269
Proprietăţile soluţiilor de corodare *(Properties of etching solutions)* 293
— capacitatea *(Capacity)* 293
— cromice sulfurice *(Chromic sulphuric)* 294
— rata, viteza de corodare *(Etch rate)* 293
— persulfatul de amoniu *(Amonium persulphate)* 294
Punct ţintă *(Traget plot)* 20
Puncte ţintă false *(False plots)* 67
Purtătoarea benzii de bază *(Baseband carrier)* 54
Putere recepţionată radar *(Received power, radar)* 20
Puterea transmisă *(Transmitted power)* 20

Q

„Q"-ul bobinei *(„Q" of the coil)* 66

R

Radar plan *(Plan radar)* 21
— primar *(Primary radar)* 19
— secundar *(Secondary radar)* 27
— secundar, interogare şi răspuns *(Secondary radar, interrogation and response)* 28
— distanţa *(Range radar)* 20
Radio frecvenţa *(Radio frequency)* 24
Rame de expunere *(Exposure frames)* 291
Raport de contrast *(Contrast ratio)* 112
Raportul masa—sarcina electronică *(Electron mass to charge ratio)* 118
Rata minimă de împrospătare a tubului catodic *(Minimun refresh rate, CRT's)* 118
Răcire prin evaporare *(Vaporisation cooling)* 389
Răşină epoxidică — acoperiri organice *(Epoxy organic coatings)* 302
Reacţia de armătură — maşini electrice *(Armature reaction—electrical machines)* 477
Reflectanţa spectrală *(Spectral reflectance)* 466
Registre de deplasare mos *(Shift registers, MOS)* 35
Registru de deplasare sincronizat de un ceas *(Clocked shift registers)* 26
Reglarea cuplajului *(Swept gain)*
Regulamente de circulaţie — vehicole — MB *(Road regulations — vehicles — UK)* 447
Regulator de tensiune *(Voltage regulators)* 477
Relee „reed" *(Reed switches)* 187
— umede cu HG *(Reed switches, mercury-wetted)* 188
— uscat *(Reed switches, dry)* 188
— suprafaţa contactului *(Reed switch, contact surface)* 188
— teste de durată *(Reed switch, life tests)* 188
Rezisturi *(Resists)* 289
Rezisturi de placare *(Plating resists)* 292
— sursa de lumină apropiată *(Plating resists, light source-close banked)* 293
— sursa de lumină colimatată *(Plating resists, collimated light source)* 290
— variaţia lăţimii conductorului *(Plating resists, conductor width variation)* 289
Rezisturi fotosensibile *(Photosensitive resists)* 289
— acoperire prin laminare *(Resists, roller coating)* 290
— metoda de acoperire prin pulverizare sau centrifugare *(Resists, spray or whirler coating method)* 290
Rezisturi de corodare *(Etching resists)* 292
Rezisturi de corodare, variaţia lăţimii conductorului *(Etching resists, conductor width variation)* 292
Rezisturi de film uscat *(Dry film resists)* 289
Rezisturi lichide *(Resists, liquid)* 289
Retenţia contactului *(Contact retention)* 333
Reţea conductoare multistrat *(Multilayer conductor pattern)* 339
Reţea conductoare multistrat, efectul dispersiei de suprafaţă *(Multilayer conductor pattern, ploughed field effect)* 339
Reţea conductoare multistrat, conductor îngropat *(Multilayer conductor pattern, buried conductive layer)* 339
Rezistenţa de contact *(Contact resistance)* 264
Rezistenţa de izolaţie în cablul plat *(Flat conductor cable, insulation resistance)* 258
Rezistenţa specifică electrică a cuprului *(Electrical resistivity of copper)* 269
Rezistenţa termică — componente *(Thermal resistance, components)* 390
— sistem *(Thermal resistance system)* 391
— unitate sau sertar *(Thermal resistance unit or rack)* 391

— capsula *(Thermal resistance package)* 391
Rezistențe elemente cu semiconductoare cu valorile controlabile magnetic *(Magnetically controllable solid-state resistors)* 195
Rezistențe magnetice *(Magnetic resistances)* 195
Rezistori pe pelicule subțiri *(Thin film resistors)* 311
Rezoluția tubului catodic *(Resolution, CRT's)* 104
Rezolver *(Resolver)* 86
Rezolver sincron *(Resolver, Synchro)* 23
Riscuri de implozie — tuburi catodice *(Risks of implosion CRT's)* 189
Ritmul alfa al creierului *(Alpha-rythm, brain)* 119

S

Sarcina utilă aeronave *(Playload aircraft)* 418
Sarcinile suspendate în exterior, aeronave *(External slung loads-aircraft)* 445
Saturație termică substanțe fosforescente *(Heal saturation, phosphors)* 117
Scheme pe zone de legare la masă *(Area earth schemes)* 497
Selecția țintei mobile-STM *(Moving target indication-MTI)* 25
Semiconductor, efectul 'hall' *(Semiconductor, hall-effect)* 193
Semnal în mod comun *(Common-mode signal)* 473
Semnal sintetic, radar *(Synthetic radar signal)* 95
Semnal video cuantificat *(Quantized video)* 62
Semnal diferențial *(Diferential-mode signal)* 473
Semnale în timp real *(Signals, real time)* 95
Semnale de transmisie în linie *(Line transmission signals)* 57
Sensibilitatea bobinei *(Coil sensitivity)* 152
Separarea semnalului *(Signal separation)* 473
Servosistem, bobina rotativă *(Servosystem, rotating coil)* 161
Sistem central de comandă *(Central drive system)* 92
Sistem de afișare *(Display system)* 99
Sistem de bandă albastră lată *(Broad blue band system)* 125
Sistem de calcul cu creion fotosensibil *(Light pen computer system)* 198
Sistem de interconectare cu placă fund de sertar *(Back panel-interconnection system)* 264
Sistem de izolație contra vibrațiilor *(Vibration isolating systems)* 460
Sistem de transmisie cu banda îngustă *(Narrowband digital transmission system)* 58
Sistem galben-minus-galben, sistem de iluminat *(Yellow-minus-yellow sistem, lighting system)* 125
Sistem mercur-minus roșu *(Mercury-minus-red system)* 128
Sisteme cu rășini epoxidice flexibile *(Flexible epoxide resin systems)* 174
Sisteme de condiționare a aerului-cabine *(Air conditioning systems, shelters)* 453
Sisteme de dulapuri, legarea la pămînt a dulapului *(Cabinet systems, cabinet earths)* 368, 496
Sistemul de detecție sonar *(Sonar sensor system)* 37
Soluții de corodare-instabilitate *(Etching solutions, instability)* 294
— aditive *(Additives)* 294
— neutralizare *(Neutralisation)* 295
— unghiuri de atac *(Impingement angles)* 295
Sonar activ *(Active sonar)* 37
Sonar pasiv (Passive sonar) 37
Spectrul energiei totale *(Total energy spectrum)* 119
Spire neechilibrate de bobină *(Unbalanced coil windings)* 119
Spirele bobinei neechilibrate *(Coil windings, unbalanced)* 167
SSI — sistem selectiv de interogare *(SIE — selective identification feature)* 29
Stabilitatea substanței fosforescente *(Phosphor stability)* 114
Stabilizarea după nord *(North stabilization)* 84
Standard britanic de utilizare *(British Code of practice CRT's)* 143
Standard CCITT *(CCITT standard)* 56
Starea de veghe *(Vigilance)* 120
Steradian *(Steradian)* 136
Strălucire *(Brightness)* 136
Structuri-extensibile *(Extensibile, structures)* 411
— gonflabile *(Inflatable)* 411
— rigide *(Rigid)* 411
Submultiplexor *(Sub-multiplexor)* 50
Subpurtătoare *(Sub-carrier)* 51
Subsisteme, introducerea datelor *(Subsystems, data entry)* 185
Substanțe fosforescente *(Phosphors)* 80
Substanțe fosforescente standardizate înregistrate *(Registered standard posphors)* 115
Substraturi ceramice-preț *(Ceramic substrates-price)* 314
Substraturi, circuite integrate pe film-peliculă *(Substrates, film integrated circuits)* 314

Sudura cu fir continuu *(Stitch-wire welding)* 222
Sudura prin descărcări în impulsuri *(Arc percussive welding)* 224
Supape de lumină *(Light valves)* 74
Suporturi antișoc *(Shock mounts)* 460
Suporturi antișoc cu element activ metalic *(Metallic shock mounts)* 462
Suprimarea arcurilor electrice de contact *(Contact arc suppression)* 474
Suprimarea (supresiunea) lobului lateral *(Side lobe suppression)* 30
Surse de rezistență termică *(Sources of thermal resistance)* 390
Surse luminoase, rezisturi fotosensibile *(Photosensitive resists, light source)* 289

T

Tableta de lipit *(Solder preform)* 210
Tastatura alfanumerică *(Alpha numeric keyboard)* 186
Tastaturi, dispozitive de intrare ale calculatorului *(Keyboards, computer input)* 186
Tălpi — cabine *(Skids, shelters)* 459
Tehnica de urmărire *(Tracking technique)* 66
Tehnici de cablare cu fir înfășurat. Sistem de prindere *(Wirewrap technique, clip sistem)* 328
Tehnici de conectare-chip-substrat *(Connection techniques, Chips substrate)* 331
  — de fixare-lipirea firului conductor *(Wire bonding)* 331
  — fața de jos *(Face, down)* 331
Tehnici de interconectare *(Interconnection techniques)* 207
Tehnologia microelectronică, tendințe de viitor *(Microelectronic technology, future trends)* 355
Tensionarea membranei, ecranele tuburilor catodice *(Membrane stress, CRT screens)* 183
Tensiunea minimă de producere a arcului *(Minimum arcing voltage)* 476
Teste de cojire și exfoliere-adeziune cupru la materialul de bază *(Peel and pull-off test copper to base bond)* 273
Teste de scorojire, arcuire și răsucire pentru plăcile cu circuite imprimate *(Warp bow, or twist test, PCB's)* 273
Testul de transport în ploaie-cabine *(Driving in the rain test-shelters)* 423
  — la căldura umedă *(Wet heat test-shelters)* 422
  — la căldura uscată *(Dry heat test-shelters)* 422
  — la praf și nisip *(Dust and sand test-shelters)* 423
  — la temperatură joasă *(Low temperature test-shelters)* 422
Timp mort radar *(Radar, dead time)* 55
Toleranța spotului tubului *(CRT outline tolerances)* 148
Traductor electro-sonor *(Transducer)* 38
Transmisia de date numerice *(Digital data transmission)* 47
Transmisie analogă *(Analogue trannsmission)* 67
Transmisie de bandă îngustă *(Narrowband transmission)* 56
Transmisie de bandă largă *(Broadband transmission)* 53
Transmisie numerică în impulsuri *(Digital pulse transmission)* 46
Transmisie în impulsuri, efectul lărgimii de bandă *(Pulse transmission, effect of bandwidths)*
Transmisie multicanal *(Multichannel transmission)* 53
Transmisie radio cu modulație în frecvența *(Frequency modulated radio)* 46
  — modulată în amplitudine *(Amplitude modulated radio)* 46
Transmisie — bandă îngustă *(Transmission, narrowband)* 45
  — bandă largă *(Transmission, broadband)* 45
Transport pe cale ferată-cabine *(Rail transport, shelters)* 414
Transport rutier-cabine *(Road transport, shelters)* 414
Transportabilitatea prin aer-cabine *(Air portability, shelters)* 416
Transportul pe apă — cabine *(Water transport, shelters)* 415
Transportul prin aer, altitudine *(Air transport, altitude)* 420
  — condiții de avarie *(Emergency)* 420
  — datele aeronavelor *(Aircraft data)* 418
  — factorii 'g' și vibrațiile *('g' factors and vibrations)* 421
  — greutatea și volumul *(Weight and volume)* 418
  — încărcătura exterioare a aeronavei *(Aircraft external load)* 420
  — limitări dimensionale *(Dimensional limitations)* 419
  — Profilul de încărcare a aeronavei *(Aircraft load profile)* 418
  — unghiurile de apropiere și garda de sol *(Angles of approach and ground clearance)* 419
Transponder *(Transponder)* 27
Transponder aeropurtat *(Airborne transponder)* 34
Tren de impulsuri a codului-serial *(Serial code train)* 34
Tresa de masă *(Earthing strip)* 496

Tub catodic — ansamblu ecran *(CRT, face-plate assembly)* 142
  - — banda suport *(CRT, Support band)* 149
  - — ecran protector *(CRT, protective window)* 181
  - — fișie de ranforsare *(CRT, reinforcing band)* 180
  - — plan de referință *(CRT reference plane)* 148

Tub cu con metalic *(Metal cone tube)* 139
Tub cu memorare cu vizualizare directă *(Direct view storage tube)* 97
Tub cu raze catodice *(Cathode ray tube)* 80
Tub cu rețea de fire sensibile la atingere *(Touch-wire tube overlay)* 199
Tub de proiecție skiatron *(Skiatron protection tube)* 99
Tuburi-catodice în întregime cu înveliș de sticlă *(Allglass CRT's)* 139
  - — catodice montate orizontal *(Horizontally mounted CRT's)* 143
  - — catodice, dimensiunea gîtului *(Cathode ray tubes, neck size)* 148
  - — cu indexarea fasciculului *(Beam indexing tubes)* 98
  - — de deflexie cu unghi larg *(Wide angle reflexion tubes)* 109

Tun de injecție, tun cu memorie cu vizualizare directă *(Flood gun-direct view storage tube)* 97
Tun electronic *(Electronic gun)* 80
Ținta, azimut central *(Target, centre azimuth)* 65
Ținta front posterior *(Target, trailing edge)* 65
Ținta front anterior *(Target, leading edge)* 65

U

Unghi de deflexie, TC *(Angle of deflexion, CRT)* 152
Unitate angström *(Angstrom unit)* 120
Unități ale sistemului pentru lumină, metric *(Light units, metric)* 136
Unități de afișare cu creion fotosensibil *(Light pen units)* 198
Unități de vizualizare auxiliare *(Slave viewing units)* 93
Unități metrice de lumină *(Metric light units)* 136
Urme de rășină pe plăcile cu circuite imprimate *(Resin smear-PCB's)* 283

V

Valori standard pentru dimensiunile cablurilor plate *(Flat conductor cables, standard construction)* 244
Variația mărimii spotului tubului catodic *(Spot size variation CRT's)* 109
Vedere crepusculară *(Twilight vision)* 120
Vedere diurnă *(Daylight vision)* 120
Vibrații ale periilor mașinii electrice *(Brush bounce-electrical machines)* 477
Vidicon *(Vidicon)* 39
Viteza de baleiere — tub catodic *(Sweep speed — CRT)* 152
Viteza de repetiție a afișajului *(Display repetition rate)* 118
Viteza luminii *(Velocity of light)* 29
Viteza de scriere *(Writing speed)* 109
Viteze de corodare, soluții de corodare *(Etch rate, etching solutions)* 294
Vopsea reflectorizantă a căldurii solare *(Solar heat reflecting paint)* 405

Z

Zgomot aleatoriu *(Random noise)* 469
Zgomot nealeatoriu *(Non-random noise)* 469

Lot 42